

Kernkraftwerke.

Denkmalwerte und
Erhaltungschancen

Nuclear Power Stations.

Heritage Values and
Preservation Perspectives

Kernkraftwerke

Denkmalwerte und Erhaltungschancen

Nuclear Power Stations

Heritage Values and Preservation Perspectives

INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES
CONSEIL INTERNATIONAL DES MONUMENTS ET DES SITES
CONSEJO INTERNACIONAL DE MONUMENTOS Y SITIOS
МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОВЕТ ПО ВОПРОСАМ ПАМЯТНИКОВ И ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНЫХ МЕСТ

Sigrid Brandt und Thorsten Dame (Hrsg.)

Kernkraftwerke
Denkmalwerte und Erhaltungschancen
Nuclear Power Stations
Heritage Values and Preservation Perspectives

Internationale Fachtagung der Technischen Universität Berlin,
Fachgebiet Historische Bauforschung und Baudenkmalpflege,
und des Deutschen Nationalkomitees von ICOMOS in Kooperation
mit der Deutschen Sektion von TICCIH und der
Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin

Berlin, 20./21. Oktober 2017

ICOMOS · HEFTE DES DEUTSCHEN NATIONALKOMITEES LXVIII
ICOMOS · JOURNALS OF THE GERMAN NATIONAL COMMITTEE LXVIII
ICOMOS · CAHIERS DU COMITÉ NATIONAL ALLEMAND LXVIII

ICOMOS Hefte des Deutschen Nationalkomitees
Herausgegeben vom Nationalkomitee der Bundesrepublik Deutschland
Präsident: Prof. Dr. Jörg Haspel
Vizepräsidentin: Prof. Dr. Sigrid Brandt
Generalsekretär: Gregor Hitzfeld
Geschäftsstelle: Brüderstraße 13, Nicolaihaus, D-10178 Berlin
Fon: +49 (0)30.80493 100 · Fax: +49 (0)30.80493 120
E-Mail: icomos@icomos.de · Internet: www.icomos.de



Die Beauftragte der Bundesregierung
für Kultur und Medien

*Gedruckt mit freundlicher Unterstützung durch die Beauftragte der Bundesregierung
für Kultur und Medien aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.*



*Die Konferenz wurde durch die großzügige Unterstützung
der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) ermöglicht.*



Herausgeber dieses Bandes: Sigrid Brandt und Thorsten Dame
Lektorat der englischen Beiträge/Übersetzungen: Johanna Haspel, John Ziesemer

Umschlagabbildung: Bernhard Ludewig: Kernkraftwerk Grafenrheinfeld bei Schweinfurt. Blick auf das Reaktorgebäude.
Mai 2018.

1. Auflage 2019
© 2019 ICOMOS, Nationalkomitee der Bundesrepublik Deutschland



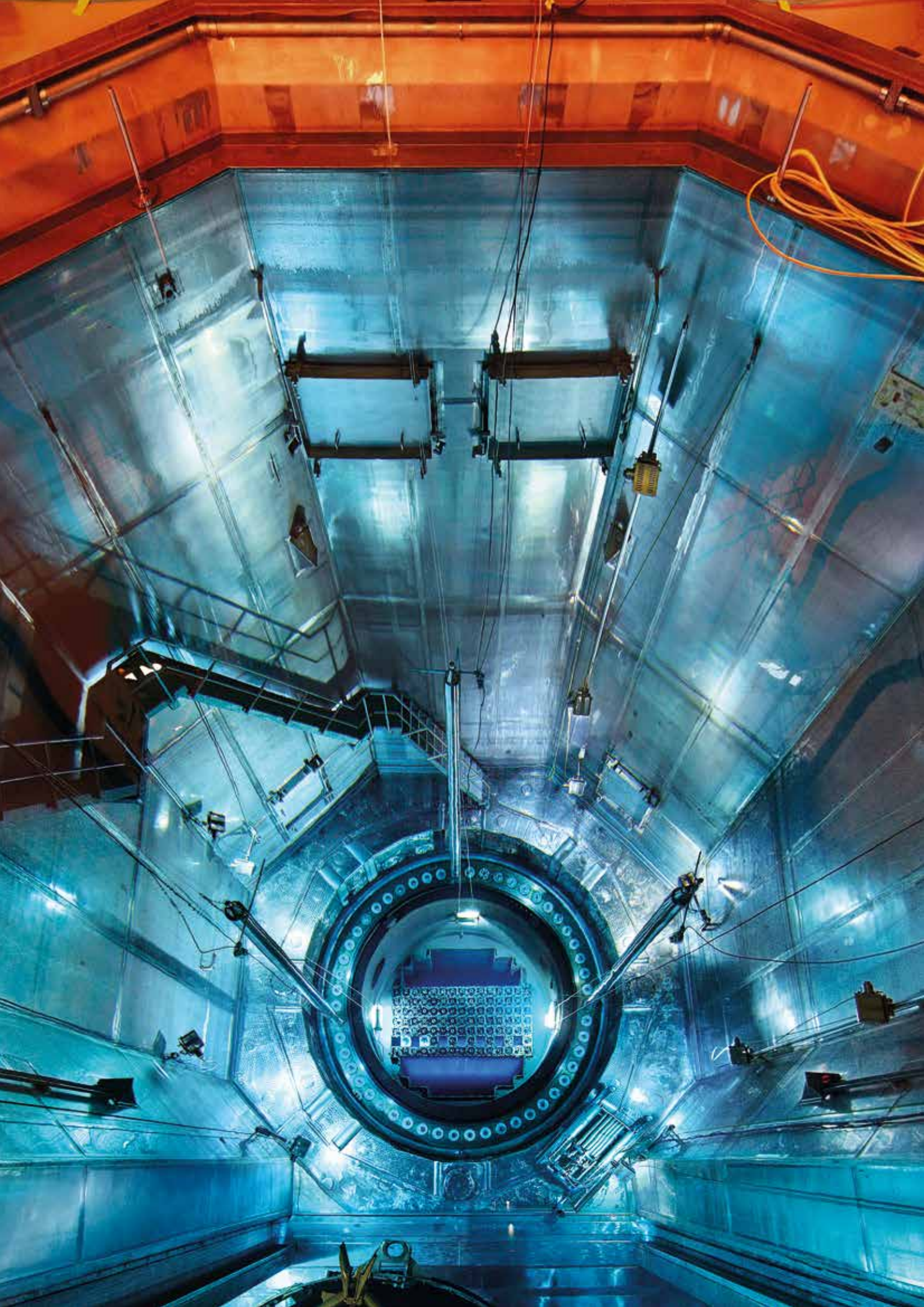
Gesamtherstellung:
hendrik **Bäßler** verlag · berlin

Fon: +49 (0)30.240 858 56 · Fax: +49 (0)30.24 926 53 · E-Mail: info@baesslerverlag.de · Internet: www.baesslerverlag.de

Inhalt | Content

Editorial	
<i>Sigrid Brandt und Thorsten Dame</i>	8
Grußwort Welcoming Address	
<i>Jörg Haspel, Thekla Schulz-Brize, Joseph Hoppe und Norbert Tempel</i>	11
Strahlende Zukunft. Kernkraftwerke als Erbe und Herausforderung A Radiant Future. Nuclear Power Plants as Heritage and Challenge	
<i>Thorsten Dame</i>	15
Der nukleare Traum. Eine fotografische Dokumentation The Nuclear Dream. A Photographic Documentation	
<i>Bernhard Ludewig</i>	23
Halbwertszeiten. Das friedliche Atom als Mikrokosmos der bundesdeutschen Geschichte Half-lives. The Peaceful Atom as a Microcosm of German Federal History	
<i>Frank Uekötter</i>	25
 I. Grundlagen Fundamentals	
Das Denkmal als Mahnmal? The Monument as Memorial?	
<i>Norbert Tempel</i>	33
Kernkraftwerke. Bauaufgabe, Bautypen, Geschichte Nuclear Power Plants. Construction Task, Building Types, History	
<i>Gunnar Klack</i>	34
Stilllegung und Rückbau von Kernkraftwerken in Deutschland Decommissioning and Dismantling of Nuclear Power Plants in Germany	
<i>Ralf Borchardt</i>	45
 II. Denkmalwerte Heritage Values	
Unbequem oder unhaltbar? Kernkraftwerke und Denkmalschutz Inconvenient or Unmaintainable? Nuclear Power Plants and Monument Protection	
<i>Kerstin Wittmann-Englert</i>	57
Unbequeme Altlasten. Zum Denkmalwert von Kernkraftwerken Uncomfortable Legacy. The Monument Value of Nuclear Power Plants	
<i>Michael Bastgen</i>	58

Die Route der Industriekultur als Chance zur Bewahrung The Route of Industrial Culture as an Opportunity for Preservation <i>Dominik Geppert</i>	69
England's Atomic Age – Securing its Architectural and Technological Legacy Englands Atomzeitalter. Die Sicherung seines architektonischen und technischen Erbes <i>Wayne D. Cocroft</i>	77
III. Erhaltungschancen Preservation Perspectives	
Erste Schritte und die Notwendigkeit des internationalen Austauschs First Steps and the Need for International Exchange <i>Sigrid Brandt</i>	89
Toward a Post-industrial Era – Lessons Learned from Evaluating Ågesta Nuclear Plant Auf dem Weg in eine post-industrielle Ära – Erkenntnisse aus der Begutachtung des Kernkraftwerkes Ågesta <i>Magdalena Tafvelin Heldner</i>	90
Dounreay Heritage Strategy: White Heat of Heritage Die Dounreay Kulturerbe-Strategie. White Heat of Heritage <i>Andrew Croft</i>	103
Kernkraftwerk Zwentendorf. Die sanfte Vermarktung eines ungewöhnlichen Ortes. Ein österreichischer Sonderweg Zwentendorf Nuclear Power Plant. The Gentle Marketing of an Unusual Location. An Austrian Solution <i>Stefan Zach</i>	110
Redevelopment and Reuse of Nuclear Facilities and Sites Rückbau und Nachnutzung von Kernkraftwerken und ihren Anlagen <i>Christophe Xerri</i>	118
Curricula Vitae	125
Abbildungsnachweise	127



Editorial

Der im Jahre 2011 vom Bundestag beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie wird bis 2022 die Stilllegung der noch in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke zur Folge haben. Während 1997 mit dem ‚Atom-Ei‘ in Garching der erste deutsche Forschungsreaktor als Denkmal unter Schutz gestellt wurde, steht bis heute in Deutschland eine Untersuchung und Diskussion über den möglichen Erhalt eines großindustriellen Kernkraftwerks aus. Der ausnahmslos vorgesehene Rückbau zur „grünen Wiese“ wird ohne kritische Selbstreflexion in wenigen Jahren zum Verlust sämtlicher baulicher Zeugnisse der Kernenergiegewinnung in Deutschland führen.

Ziel der Konferenz, dessen Beiträge in diesem Band versammelt sind, war es, über einen differenzierten Umgang mit dem baulichen und technischen Erbe einer Industrie zu diskutieren, die wie kaum eine zweite in der jüngeren Geschichte die Gesellschaft bewegt und geprägt hat.

Der vorliegende Tagungsband soll rechtzeitig die dringend erforderliche Debatte eröffnen und setzt auf den Erfahrungsaustausch zwischen allen am Betrieb, Rückbau und potentiellen Erhalt beteiligten Akteuren.

Der Erhalt kerntechnischer Anlagen steht im Hinblick auf ihre Authentizität und Integrität zwei zentralen Herausforderungen gegenüber: einerseits der radioaktiven Belastung einzelner Gebäude und ihrer technischen Ausstattung, andererseits der ideellen „Aufladung“ als Folge jahrzehntelanger fundamentaler Auseinandersetzungen über den Nutzen und die Folgen der Energiegewinnung durch Kernspaltung.

Während die radioaktive Belastung die Überlieferung eines Kernkraftwerks einschränkt, spaltet die politische Debatte Akteure und Interessengruppen in zwei Lager. Stillgelegte Kernkraftwerke als Baudenkmale zu erhalten, stellt die Beteiligten damit nicht allein vor eine technisch, sondern auch eine gesellschaftlich, ethisch und politisch komplexe Aufgabe.

Aus diesem Grund war der Austausch mit Expertinnen und Experten aus den europäischen Nachbarländern für die Konferenz eine unerlässliche Grundlage. Die facettenreichen Beiträge und fruchtbaren Diskussionen belegen anschaulich die Idee des geteilten Erbes, das als Leitmotiv dem ‚European Year of Cultural Heritage‘ unterlegt war.

Die Herausgeber danken allen Referentinnen und Referenten und den an der Vorbereitung und Durchführung der Tagung Beteiligten, insbesondere den Kooperationspartnern Technische Universität Berlin, Deutsches Nationalkomitee des Internationalen Rats für Denkmalpflege (ICOMOS), die

The phase-out of nuclear energy decided by the Bundestag in 2011 will result in the decommissioning of the nuclear power plants still in operation by 2022. While in 1997 the first German research reactor, the ‘Atomic Egg’ in Garching, was placed under protection as a monument, an investigation and discussion regarding the possible preservation of a large-scale industrial nuclear power plant are still pending in Germany today. Without critical self-reflection the planned deconstruction to a “greenfield site” without any exceptions will lead to the loss of all structural evidence of nuclear energy production in Germany in a few years.

The aim of the conference, the contributions of which are collected in this volume, was to discuss a differentiated approach to the structural and technical heritage of an industry that moved and shaped society like almost no other in recent history.

This conference volume is intended to open the urgently needed debate in good time and counts on the exchange of experience between all actors involved in the operation, decommissioning and potential conservation.

With regard to their authenticity and integrity, the preservation of nuclear facilities faces two major challenges: on the one hand the radioactive contamination of individual buildings and their technical equipment; on the other hand the ideal “charging” as a result of decades of fundamental disputes about the benefits and consequences of energy generation through nuclear fission.

While the radioactive contamination limits the conservation of a nuclear power plant, the political debate divides actors and interest groups into two camps. Preserving decommissioned nuclear power plants as historic monuments confronts the participants not only with a technically but also with a socially, ethically and politically complex task.

For this reason, the exchange with experts from neighbouring European countries was an indispensable basis for the conference. The multifaceted contributions and fruitful discussions vividly illustrate the idea of shared heritage, which was the leitmotif of the ‘European Year of Cultural Heritage’.

The editors would like to thank all the speakers and those involved in preparing and holding the conference, in particular the cooperation partners Technische Universität Berlin, the German National Committee of the International Council on Monuments and Sites (ICOMOS), the German section

deutsche Sektion des International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage (TICCIH) und die Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin.

Dank der hervorragenden Zusammenarbeit mit allen Referentinnen und Referenten können sämtliche Beiträge der Tagung hier nachgelesen werden. Unser Dank geht auch an Johanna Haspel und John Ziesemer für das Lektorat und die Übersetzung englischer Beiträge sowie an Hendrik Bäßler für die bewährte Zusammenarbeit in allen Phasen der Herstellung des Bandes. Besonders hinweisen wollen die Herausgeber auf die eindrucksvollen Aufnahmen des Fotografen Bernhard Ludewig in diesem Band, der in einem Langzeitprojekt den Bestand deutscher Kernkraftwerke dokumentiert hat. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und der Beauftragten der Bundesregierung für Kultur und Medien danken die Herausgeber für die großzügige Unterstützung der Konferenz und die Drucklegung des Tagungsbandes.

Prof. Dr. Sigrid Brandt
Vizepräsidentin ICOMOS Deutschland

of the International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage (TICCIH) and the Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin.

Thanks to the excellent cooperation with all speakers, all contributions of the conference can be read here. Our thanks also go to John Ziesemer and Johanna Haspel for the editing and translation of English contributions as well as to Hendrik Bäßler for the proven cooperation in all phases of the production of this volume. The editors would like to draw particular attention to the impressive photographs in this volume by Bernhard Ludewig, who documented the stock of German nuclear power plants in a long-term project. The editors would like to thank the German Research Foundation (DFG) and the Federal Government Commissioner for Culture and the Media for their generous support of the conference and the printing of the proceedings.

Dr. Thorsten Dame
TU Berlin, Fachgebiet Historische Bauforschung
und Baudenkmalpflege



Grußwort

Welcoming Address

Die internationale Konferenz ‚Kernkraftwerke. Denkmalwerte und Erhaltungschancen‘ im Deutschen Technikmuseum Berlin widmete sich im Oktober 2017 einem Thema, das schwieriger und umstrittener kaum sein könnte, sowohl aus dem Blickwinkel der Denkmalmoral und Denkmalökonomie als auch unter praktischen konservierungs- und sanierungstechnologischen Gesichtspunkten. Gerade deshalb verdient es die vorausschauende Aufmerksamkeit der Architektur- und Technikhistoriker und Denkmalpfleger.

Die Konferenz adressierte das „friedliche Atom“, das in Abgrenzung zu den noch konfliktreicheren Aspekten der atomaren Rüstung von seinen Befürwortern in „Kernkraft“ umdeklariert wurde. Während das „unfriedliche Atom“ seit 2010 mit der Aufnahme des nuklearen Testgeländes auf dem Bikini-Atoll in die UNESCO-Welterbeliste Aufmerksamkeit erhielt, steht die Diskussion von Denkmalwerten und Erhaltungsszenarien von Kernkraftwerken noch am Anfang. Hingewiesen sei hier beispielhaft auf eine Tagung zum Kernreaktor im belgischen Mol, die Konferenz ‚Nuclear Legacies. Community, Memory, Waste and Nature‘ in Stockholm und den Forschungsverbund ‚History of Nuclear Energy and Society‘ (HoNEST), die sich dem komplexen Thema des nuklearen Erbes aus unterschiedlichen Disziplinen, mit unterschiedlichen Perspektiven und mit unterschiedlichen Schwerpunkten nähern. Sie alle verbindet ein Forschungsinteresse an einer Großtechnik, die wie wohl kaum eine andere gesellschaftlich umstritten ist.

Die Kernkraft trat am Anfang als visionäre Technologie neben die etablierten Energietechniken und erschien als Musterbeispiel für Joseph Schumpeters Theorie der ‚Schöpferischen Zerstörung‘, in der neue Technologien im Wettbewerb mit etablierten Praktiken und Produkten die alten Technologien ersetzen. Schon bald traten die Probleme und Risiken der Kernkraftwerke in Erscheinung, und was für die einen wohlmeinend die ‚Schöpferische Zerstörung‘ war, wurde bei Skeptikern und Gegnern zur ‚Zerstörung der Schöpfung‘. Die Kernkraftwerke wandelten sich, wenigstens in Deutschland, in wenigen Jahrzehnten von einem verheißungsvollen Angebot zu einer ‚Brückentechnologie‘ und mit dem Entschluss des Bundestages zum Ausstieg aus der Kernenergiegewinnung schließlich zu einem Veteranen der Versorgungsgeschichte.

In October 2017, the conference ‘Heritage Values and Preservation Perspectives’ at the Deutsches Technikmuseum Berlin dealt with a topic that could hardly be more difficult and controversial, both from the point of view of monument morality and monument economics and from the point of view of practical conservation and restoration technology. It is precisely for this reason that this topic deserves the foresighted attention of architecture and technology historians as well as of monument conservationists.

The conference addressed the “peaceful atom”, which, in contrast to the even more conflict-laden aspects of nuclear armament, was re-declared “nuclear power” by its proponents. While the “unpeaceful atom” has received attention since 2010 with the inclusion in the UNESCO World Heritage List of the nuclear test site on the Bikini Atoll, the discussion of monument values and conservation scenarios for nuclear power plants is still in its infancy. Examples of this are a conference on the nuclear reactor in Mol, Belgium, the conference ‘Nuclear Legacies. Community, Memory, Waste and Nature’ in Stockholm and the research association ‘History of Nuclear Energy and Society’ (HoNEST). They approach the complex topic of nuclear heritage from different disciplines, with different perspectives and with different focuses. They are all linked by a research interest in a large-scale technology that more than any other is seen controversially by society.

In the beginning, nuclear power was a visionary technology alongside established energy technologies and appeared as a prime example of Joseph Schumpeter’s theory of ‘creative destruction’, in which new technologies in competition with established practices and products replaced old technologies. Soon the problems and risks of nuclear power plants began to appear and what some benevolently considered ‘creative destruction’ became ‘destruction of the creation’ for sceptics and opponents. At least in Germany, the nuclear power plants changed within a few decades from a promising offer to a ‘bridge technology’ and, with the decision of the Bundestag to abandon nuclear energy production, finally to a veteran of the energy supply history.

Today, the testimonial value of these large-scale plants has to be defined with regard to the history of technology, engineering and construction, to economic and political history

◁ Bernhard Ludewig: Forschungsreaktor in Garching bei München.

Das 1957 in Betrieb genommene „Atom-Ei“ steht unter Denkmalschutz. Juni 2015.

Zu bestimmen ist heute der Zeugniswert dieser Großanlagen im Hinblick auf die Technik-, Ingenieurs- und Bau-geschichte, auf die Wirtschafts- und Politikgeschichte und nicht zuletzt auf die Sozial- und Umweltgeschichte. Dabei steht die Frage im Raum, wie die Bürgerinnen und Bürger am Prozess beteiligt waren. Zeigt sich der Einfluss der Skeptiker und Gegner allein in den nicht gebauten Anlagen und in der Fortifikation der gebauten?

Für die Konferenz war der Tagungsort ideal gewählt. Die im Obergeschoss des Deutschen Technikmuseums gelegenen und bestens ausgestatteten Tagungsräume bieten Weitblick und sind geradezu imprägniert mit Debatten an der Schnittstelle technisch und gesellschaftlich relevanter Fragestellungen. Verborgen dagegen liegen die Schätze im Historischen Archiv des Museums, das mit der Übernahme des AEG-Archivs aus Frankfurt am Main einen einzigartigen Bestand zur Entwicklung und Nutzung von Kernkraft in Deutschland aufweist. Neben Filmen und Fotoserien finden sich hier mehr als 900 Berichte aus dem Forschungsinstitut der AEG zum Bau und Ausbau der Kerntechnik von 1965 bis 1980. Damit ist ein Großteil des Dokumentenerbes dieser heftig umstrittenen Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts gesichert und für weitere Forschungen zugänglich.

Das Deutsche Nationalkomitee von ICOMOS hat sich der Herausforderung des Themas gern gestellt und das Vorhaben unterstützt, eine internationale Plattform für den Diskurs um das nukleare Erbe anzubieten. Der von ICOMOS herausgegebene Tagungsband versteht sich als ein Beitrag für Denkmalpolitik und Denkmalverwaltung, um sich auf das sich abzeichnende Ende einer Ära vorzubereiten.

Vor dem energie- und erbpolitischen Hintergrund war auch das für diese Tagung geknüpft Netzwerk von Kooperationen von außerordentlicher Bedeutung: mit dem Fachgebiet Historische Bauforschung und Baudenkmalpflege der Technischen Universität Berlin, dem Deutschen Nationalkomitee von ICOMOS, der deutschen Sektion von TICCIH (The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage) und der Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin verbinden sich vier Institutionen mit langjähriger Erfahrung und Expertise in der Konservierung und Vermittlung technischer und infrastruktureller Anlagen und Projekte sowie in der Diskussion um Denkmalwerte und in der praktischen Erhaltung von baulichen Zeugnissen.

Für ICOMOS Deutschland bedeutet die Tagung die Fortführung von zahlreichen Kooperationen mit verschiedenen Partnern und Nachbardisziplinen zu denkmalrelevanten Fragen, denen sich das Nationalkomitee nicht nur in Welt-erbeangelegenheiten verschrieben hat, und die Fortführung der Arbeitsschwerpunkte auf dem Gebiet der Industrie- und Technikdenkmalpflege.

Erinnert sei an dieser Stelle an einige Veranstaltungen, die sich insbesondere mit industrie- und technikgeschichtlichen Fragestellungen beschäftigt haben und die in digitaler Form als Tagungsdokumentationen auf der Website von ICOMOS jederzeit und frei zugänglich sind. In Frankfurt am Main

and, last but not least, to social and environmental history. The question is how the citizens were involved in the process. Is the influence of the sceptics and opponents already evident in the non-built plants and in the fortification of the built ones?

For the conference, the venue was ideally chosen. The well-equipped conference rooms located on the upper floor of the Deutsches Technikmuseum offer a good view and are virtually impregnated with debates at the interface between technically and socially relevant issues. The treasures, on the other hand, are hidden in the historical archive of the museum, which, with the acquisition of the AEG Archive from Frankfurt am Main, now has a unique collection on the development and use of nuclear power in Germany. In addition to films and photo series, more than 900 reports from the AEG research institute on the construction and expansion of nuclear technology from 1965 to 1980 can be found here. Thus, a large part of the document heritage of this highly controversial key technology of the 21st century has been secured and is accessible for further research.

The German National Committee of ICOMOS has gladly taken up the challenge of the topic and supported the project to offer an international platform for discourse on nuclear heritage. The conference proceedings published by ICOMOS are intended as a contribution to monument policy and management in order to prepare for the looming end of an era.

Against the background of energy and heritage policy, the network of cooperations established for this conference was also of extraordinary importance: four institutions with many years of experience and expertise in the conservation and communication of technical and infrastructural facilities and projects as well as in the discussion on monument values and in the practical preservation of architectural testimonies combined with the Department of Historical Building Research and Monument Preservation of the Technical University of Berlin, the German National Committee of ICOMOS, the German section of TICCIH (The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage) and the Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin.

For ICOMOS Germany, the conference means the continuation of numerous cooperations with various partners and neighbouring disciplines on issues relevant to historic monuments, to which the German National Committee has been dedicating itself not only in World Heritage matters, and the continuation of the focal points of work in the field of industrial and technical monument preservation.

It is worth recalling here a few events which have dealt in particular with questions of industrial and technological history – and which are available in digital form as conference documentation on the ICOMOS website at any time and freely accessible. In 1990, the symposium “Eisenbahn und Denkmalpflege” took place in Frankfurt am Main, followed two years later by another international conference on this topic, and finally by a third in 1997. In 2013 and 2015,

fand 1990 das Symposium „Eisenbahn und Denkmalpflege“ statt, dem zwei Jahre später eine weitere internationale Tagung zu diesem Thema folgte, schließlich 1997 eine dritte. 2013 und 2015 galt die Aufmerksamkeit dem Thema der industriellen Kulturlandschaften im Welterbekontext zur Fortschreibung der deutschen Tentativliste für das Welterbe. Insbesondere die letzten beiden Veranstaltungen sind dabei Teil einer Kooperation ebenfalls mit Tradition. Die internationale Grundlage für die Zusammenarbeit von ICOMOS und TICCIH stellen die in London getroffene Vereinbarung zwischen ICOMOS und TICCIH aus dem Jahr 2000 bzw. die Dublin-Principles von 2011 dar, die auf der letzten Generalversammlung von ICOMOS International, im November 2014 in Florenz, erneut bekräftigt und fortgeführt wurde.

Im April 2017 fand – ebenfalls als Kooperation mit der Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin – ein internationaler Workshop zum Welterbepotential von Zeugnissen der Luft- und Raumfahrt statt. Auch die Augsburger Tagung zur Qualifizierung des Welterbeantrags der Augsburger Wasserkünste mit dem Titel „Wasserbau und Wasserkraft. Trinkwasser und Brunnenkunst“, die ein Jahr zuvor, im April 2016, in Augsburg stattgefunden hat und insbesondere von der Arbeitsgruppe Industrie- und Technikdenkmale von ICOMOS unterstützt wurde, unterstreicht das große Interesse an industrie- und technikgeschichtlichen Themen bei ICOMOS Deutschland, das gemeinsam mit TICCIH Partner auch im Fachkongress „Brücken im UNESCO-Welterbe“ war, der im Oktober 2017 in Müngsten stattfand.

Das Deutsche Nationalkomitee von ICOMOS, die deutsche Sektion von TICCIH, die Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin und das Fachgebiet Historische Bauforschung und Baudenkmalpflege der Technischen Universität Berlin bedanken sich bei allen Referentinnen und Referenten und den zahlreichen Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Konferenz für ihre wegweisenden Vorträge und die offenen und kenntnisreich geführten Diskussionen. Als Beitrag zum Europäischen Kulturerbejahr, das 2018 unter dem Titel ‚Sharing Heritage‘ die verbindende Denkmalgeschichte und Denkmalverantwortung hervorgehoben hat, bauen die Veranstalter der Konferenz auf einen fortgesetzten Austausch und zukünftige Kooperationen zu diesem Thema. Ein besonderer Dank für die Unterstützung gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und der Beauftragten der Bundesregierung für Kultur und Medien, mit deren Hilfe und Vertrauen in das Projekt die Konferenz und das Erscheinen des Tagungsbandes ermöglicht wurden.

attention focused on the topic of industrial cultural landscapes in the World Heritage context in order to update the German Tentative List for World Heritage. In particular, the last two events are part of a long-lasting cooperation. The international basis for the cooperation between ICOMOS and TICCIH is the agreement reached in London between ICOMOS and TICCIH in 2000 and the Dublin Principles of 2011, which were reaffirmed and continued at the General Assembly of ICOMOS International in Florence in November 2014.

In April 2017 – also in cooperation with the Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin – an international workshop on the World Heritage potential of testimonies to aerospace took place. The conference in Augsburg on the qualification of the World Heritage application of the Augsburg waterworks entitled “Hydraulic Engineering and Hydropower, Drinking Water and Decorative Fountains in Augsburg”, which took place in April 2016 in Augsburg and was supported in particular by the ICOMOS Working Group on Industrial and Technical Monuments, underlines ICOMOS Germany’s great interest in topics of industrial and technological history. Together with TICCIH ICOMOS Germany was also a partner in the conference “Bridges in the UNESCO World Heritage”, which took place in October 2017 in Müngsten.

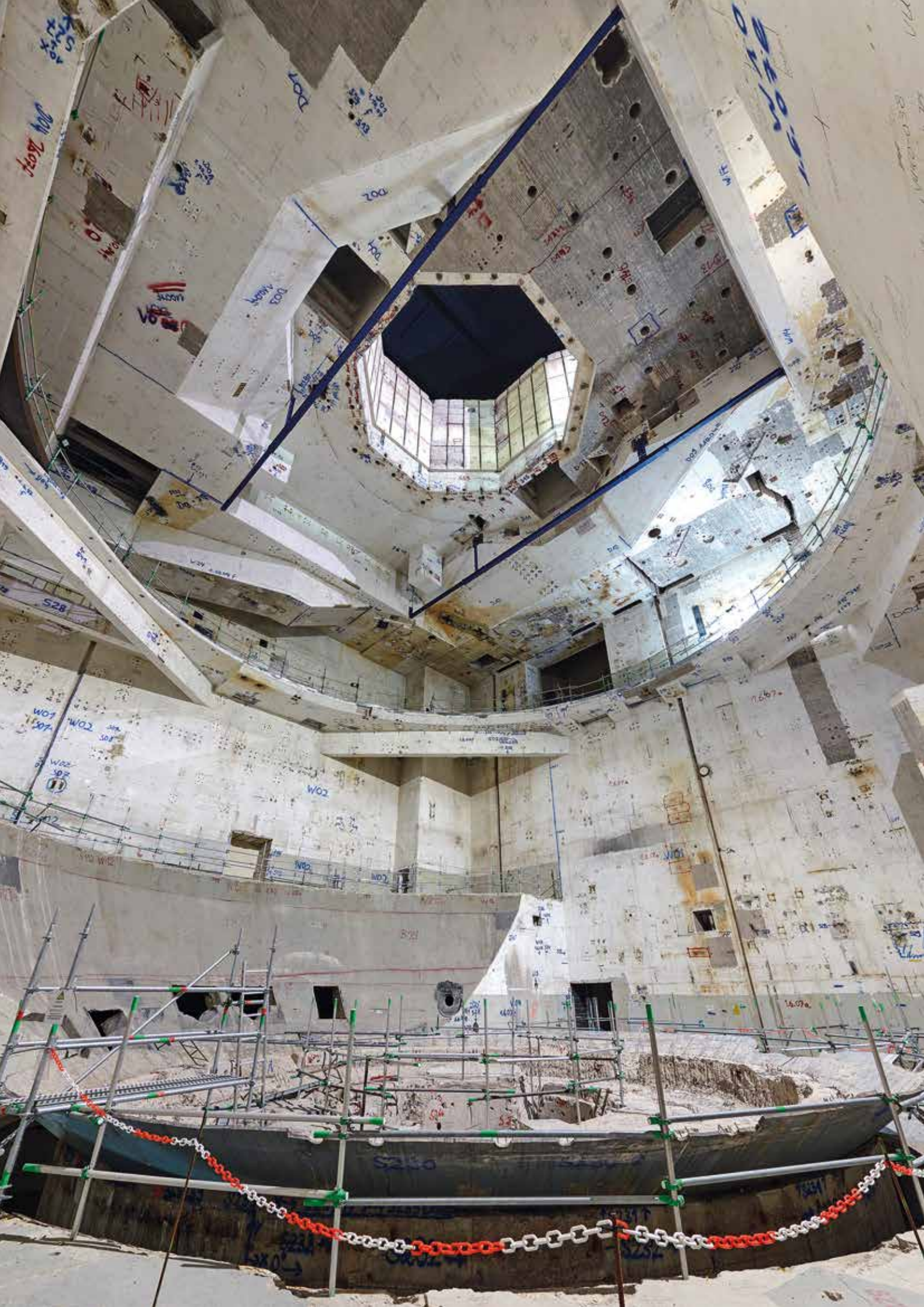
The German National Committee of ICOMOS, the German Section of TICCIH, the Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin and the Department of Historical Building Research and Monument Preservation at the Technical University of Berlin would like to thank all speakers and the numerous participants of the conference for their crucial presentations and the open and knowledgeable discussions. As a contribution to the European Year of Cultural Heritage, which in 2018 under the title ‘Sharing Heritage’ highlighted the unifying history of monuments and monument responsibility, the organisers of the conference are counting on continued exchange and future cooperation on this topic. Special thanks for their support go to the German Research Foundation (DFG) and the Federal Government Commissioner for Culture and the Media, whose help and trust in the project made the conference and the publication of the proceedings possible.

Prof. Dr. Jörg Haspel
Präsident ICOMOS Deutschland

Prof. Dr. Thekla Schulz-Brize
Leiterin des Fachgebiets
Historische Bauforschung und Baudenkmalpflege
Technische Universität Berlin

Prof. Joseph Hoppe
Stellvertretender Direktor
Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin

Dipl.-Ing. Norbert Tempel
Sprecher TICCIH Deutschland



Strahlende Zukunft. Kernkraftwerke als Erbe und Herausforderung

Thorsten Dame

Als Denys Lasdun Mitte der 1970er Jahre in London sein in Sichtbeton ausgeführtes Royal National Theatre fertigstellte, bezeichnete Prince Charles den neu entstandenen Großbau am Ufer der Themse als „a clever way of building a nuclear power station in the middle of London without anyone objecting“.¹ Der Vergleich mit einem Kernkraftwerk schien bereits ausreichend, um den brutalistischen Entwurf zu diskreditieren. Zur gleichen Zeit wurde in Berlin um ein neues Kohlekraftwerk ein Wall aufgeschüttet, der von einem Landschaftsarchitekten begrünt werden sollte. Helmut Bournot, der dafür den Auftrag erhielt, sah seine Aufgabe kritisch: „Das Kraftwerk wird nicht wegetuschiert, wir müssen uns an diese neuen Bauwerke und ihre Ästhetik gewöhnen. Sie sind genau wie Atomreaktoren, Funktürme oder moderne Plastiken eine Zeiterscheinung.“²

Die beiden Beispiele belegen die Ressentiments, die Bildmächtigkeit wie die Unschärfe, die der baulichen Erscheinung von Kernkraftwerken zu eigen ist. Die Reduktion von Darstellungen der Werke auf die Silhouette eines überkuppelten Reaktorgebäudes und eines mächtigen Kühlturmes reichte aus, den Widerstand der Anti-Atomkraft-Bewegung mit den Orten der Stromerzeugung symbolisch zu verbinden. Die Geschichte der Kernkraftwerke ist die Geschichte einer anfangs geradezu utopisch aufgeladenen Technik- und Baugeschichte, sie ist Alltagsgeschichte der Betreiber, Mitarbeiter und Anwohner, und sie ist in gleichem Maße Gegenstand und Symbol für einen großen Teil der Bevölkerung, der sich skeptisch oder in offenem Widerstand gegen diese risikoreiche Großtechnik und das hinter ihr stehende politische und industrielle Geflecht stellte.

Eine „Zeiterscheinung“ mit einem Anfang und einem Ende, wie sie Bournot nannte, wurden die Kernkraftwerke in Deutschland durch den 2011 erfolgten Beschluss des Bundestages und des Bundesrates zum Ausstieg aus der Kernenergieproduktion. Mit dem 1957 in Garching in Betrieb genommenen Forschungsreaktor und der geplanten Abschaltung des letzten Reaktors im Jahr 2022 ist der Zeitraum eingegrenzt, in dem diese Technik wie wohl kein anderes industriell-technisches Großprojekt die Gesellschaft in Deutschland bewegt hat.

Im ersten Beitrag zeigt **Frank Uekötter** die wirtschaftlichen und technischen Pfadabhängigkeiten der nuklearen

When Denys Lasdun completed his Royal National Theatre in London in the mid-1970s in exposed concrete, Prince Charles described the newly constructed large building on the banks of the Thames as “a clever way of building a nuclear power station in the middle of London without anyone objecting”.¹ The comparison with a nuclear power plant already seemed sufficient to discredit the brutalistic design. At the same time, a rampart was built around a new coal-fired power plant in Berlin, which was to be planted by a landscape architect. Helmut Bournot, who was commissioned to do this, took a critical view of his task: “The power plant will not be retouched, we have to get used to these new buildings and their aesthetics. Just like nuclear reactors, radio towers or modern sculptures, they are a phenomenon of the times.”²

These two examples demonstrate the resentment, the visual power and the blurriness inherent in the structural appearance of nuclear power plants. The reduction of depictions of these plants to the silhouette of a domed reactor building and a gigantic cooling tower were sufficient to symbolically link the resistance of the anti-nuclear movement with the sites of power generation. The history of the nuclear power plants is the history of an initially almost utopically charged history of technology and construction; it is the everyday history of the operators, employees and residents, and it is to the same extent the object and symbol of a large part of the population who were sceptical or openly opposed this high-risk large-scale technology and the political and industrial network behind it.

A “phenomenon of the time” with a beginning and an end, as Bournot called it, was the decision of the Bundestag and Bundesrat to phase out nuclear power production in Germany in 2011. The putting in operation of the research reactor in Garching in 1957 and the planned shutdown of the last reactor in 2022 defines the period in which this technology moved society in Germany like probably no other major industrial-technical project.

In the first article, **Frank Uekötter** shows the economic and technical path dependencies of large-scale nuclear technology and the utopian, charged ideas of a coming ‘nuclear age’ that stood at the beginning of the commercial use of nuclear power plants for energy generation. It becomes clear

◁ Abb. 1: Bernhard Ludewig: Kernkraftwerk Würiggassen.

Freigemessenes Reaktorgebäude nach Rückbau des kugelförmigen Sicherheitsbehälters. August 2017.



Abb. 2: Bernhard Ludewig: Kernkraftwerk Grafenrheinfeld bei Schweinfurt. Mai 2018.

Großtechnik und die utopischen aufgeladenen Vorstellungen eines kommenden ‚Atomzeitalters‘, die am Beginn der kommerziellen Nutzung von Kernkraftwerken zur Energiegewinnung standen. Deutlich wird, dass in den gesellschaftlichen, politischen, wirtschaftlichen und technischen Diskursen ein Bündel teils divergierender, teils aufeinander aufbauender Erzählungen und Erinnerungsstränge zusammenlaufen und miteinander verflochten sind. Es bietet sich nicht ein Weg zur Geschichte der Atomkraft an; es sind vielmehr Wege zu Geschichten der Atomkraft, die in der (fach-)öffentlichen Rezeption und denkmalfachlichen Bewertung berücksichtigt werden müssen und zur Erschließung und Vermittlung jeweils eigene Methoden und Medien benötigen.

Im Hinblick auf die Kernkraftwerke als Ort in diesen Diskursen richtet **Gunnar Klack** einen differenzierten Blick auf die funktionale, bauliche und räumliche Entwicklung nuklearer Kraftwerksprojekte. In historischer Perspektive spannt er den Bogen von frühen Forschungsreaktoren bis zu den großen kommerziellen Kraftwerksanlagen der 1970er und 1980er Jahre. Er zeigt, dass nicht allein das Reaktorgebäude, das Maschinenhaus und der Kühlturm die Kernkraftwerke bis heute bestimmen, sondern eine Vielzahl weiterer Funktionen benötigt und in eigenen Gebäuden und Bauwerken untergebracht werden. Unter diesen Einrichtungen befinden

that in the social, political, economic and technical discourses a set of partly divergent, partly interdependent narratives and memorial strands converge and are intertwined. There is not just one path to the history of nuclear power; rather, there are several paths to the histories of nuclear power that have to be taken into account in the (professional) public reception and heritage-related evaluation and that require their own methods and media to be developed and communicated.

With regard to nuclear power plants as sites in these discourses, **Gunnar Klack** takes a differentiated look at the functional, structural and spatial development of nuclear power plant projects. From a historical perspective, his focus ranges from early research reactors to the large commercial power plants of the 1970s and 1980s. He shows that not only the reactor building, the powerhouse and the cooling tower determine the nuclear power plants to this day, but that a multitude of further functions are required and accommodated in their own buildings and structures. Among these facilities are also the safety installations and fortifications of the sites in which the defence against enemies and the protection against external dangers and risks become manifest. The listing in accordance with the monument law therefore has to take into account a much larger building stock than only the central nuclear reactor and the attached power house.

sich auch die Sicherheitsanlagen und Fortifikationen der Standorte, in denen sich die Abwehr von Gegnern und der Schutz vor äußeren Gefahren und Risiken manifestieren. Eine denkmalrechtliche Unterschutzstellung hat daher einen weitaus größeren Gebäudebestand zu berücksichtigen als allein den zentralen Kernreaktor mit dem daran angeschlossenen Maschinenhaus.

Der Beitrag von **Ralf Borchardt** vermittelt im Anschluss die rechtlichen und technischen Bedingungen des Rückbaus bis zur ‚Freimessung‘ der Anlagen, nach der die dekontaminierten Bauten aus der atomrechtlichen Überwachung entlassen werden. Von grundlegender Bedeutung im Hinblick auf eine Strahlenbelastung sind die Unterschiede von Siede- und Druckwasserreaktoren. Während in Siedewasseranlagen sowohl das Reaktor- als auch das Maschinenhaus betroffen sind, reduziert sich die Belastung bei Druckwasseranlagen durch getrennte Kreisläufe allein auf den Reaktor. Hier werden alle verstrahlten Anlagenteile in einem mehrphasigen Verfahren entnommen und aufwendig bearbeitet. Die baulichen Raumstrukturen bleiben jedoch weitgehend erhalten und werden nur an den Oberflächen schichtenweise bis zur Freimessung abgearbeitet. Das äußere Erscheinungsbild der Reaktoren ist von diesen Arbeiten nicht betroffen; der Baukörper vermittelt im Zusammenhang mit den übrigen Gebäuden am Standort weiterhin einen ungestörten Eindruck.

Michael Bastgen nimmt die Erkenntnisse aus den ersten Beiträgen auf. Er reflektiert die den Denkmalgesetzen der Länder zugrunde liegenden Bewertungskriterien und macht deutlich, dass Kernkraftwerke nicht allein die geforderten Denkmaleigenschaften besitzen, sondern ihr Erhalt im Interesse der von der Nutzung der Kernenergie gespaltenen Öffentlichkeit liegt. Zukünftig steht die Frage der Auswahl im Raum und der damit verbundenen Auswahlkriterien für eines oder mehrere Werke, die als Referenz für den Gesamtbestand der deutschen Atomkraftwerke stehen können.

In diesem Zusammenhang verortet **Dominik Geppert** die Kernkraftwerke als Schlüsselobjekte in einem industriellen und infrastrukturellen System, dass einerseits die gesamte Wertschöpfungskette umfasst – von der Rohstoffherzeugung und Stromerzeugung bis zur Brennstoffaufbereitung, Zwischen- und Endlagerung nebst allen Transportwegen – andererseits auch den Komplex aus Forschung und Politik, Aufklärung und Widerstand einbezieht. Als Bestandteil der European Route of Industrial Heritage (ERIH) ließen sich diese Sachzusammenhänge verdeutlichen und anschaulich vermitteln.

Wayne D. Cocroft stellt in seinem Beitrag erste Erfahrungen und Methoden in der Erfassung und Dokumentation der Zeugnisse des ‚Nuklearen Zeitalters‘ in England vor. Er geht von einem dem deutschen Kontext vergleichbaren Erbe- und Denkmalverständnis aus, nimmt aber in seinem Survey und der großmaßstäblichen Betrachtung zusätzlich militärische Einrichtungen auf, die im deutschen Kontext nicht existieren. Er zeigt die Potentiale, die in der Erfassung, Auswertung und Sicherung des Dokumentenerbes liegen, um die techni-

Ralf Borchardt‘s contribution subsequently provides information on the legal and technical conditions for the dismantling up to the “clearance measurement” of the plants, after which the decontaminated buildings are released from nuclear supervision. The differences between boiling water and pressurised water reactors are of fundamental importance with regard to radiation exposure. While in boiling water plants both the reactor and the powerhouse are affected, in pressurised water plants the contamination is reduced to the reactor alone by separate circuits. Here, all irradiated plant components are removed in a multi-phase process and elaborately processed. However, the spatial structures remain largely intact and are only treated layer by layer on the surfaces up to the clearance measurement. The external appearance of the reactors is not affected by this work; in connection with the other buildings at the site the structural shell still conveys an undisturbed impression.

Michael Bastgen takes up the findings from the first contributions. He reflects on the assessment criteria underlying the monument laws of the Länder and clarifies that nuclear power plants do not only have the required quality to be considered monuments, but that their preservation is in the interest of the public divided by the use of nuclear energy. In the future, central issues will be the question of selection and of associated selection criteria for one or more plants that can be representative of the total stock of German nuclear power plants.

In this context, **Dominik Geppert** describes the nuclear power plants as key objects in an industrial and infrastructural system that on the one hand encompasses the entire value chain – from raw material production and power generation to fuel preparation, interim and final storage, including all transport routes – and on the other hand also includes the complex of research and politics, education and resistance. As a component of the European Route of Industrial Heritage (ERIH), these interrelationships could be clarified and vividly communicated.

In his contribution, **Wayne D. Cocroft** presents first experiences and methods in the collection and documentation of ‘nuclear age’ evidence in England. He assumes an understanding of heritage and monuments comparable to that of the German context, but in his survey and large-scale treatment also includes military institutions that do not exist in the German context. He shows the potential that lies in the recording, evaluation and safeguarding of the documentary heritage in order to evaluate, safeguard and make permanently accessible the technical, economic, political and social processes.

Magdalena Tafvelin Heldner provides a single case study to accompany Wayne D. Cocroft’s wide-ranging investigations: the investigation and documentation of the nuclear power plant in Ågesta, Sweden. The plant, which supplied energy and heat at the same time, was shut down in 1974. The Tekniska Museet made an inventory of it, following high security measures. The aim of this ambitious

schen, wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Prozesse auszuwerten, zu sichern und dauerhaft zugänglich zu machen.

Den weit gefassten Untersuchungen von Wayne D. Cocroft stellt **Magdalena Tafvelin Heldner** eine einzelne Fallstudie zur Seite; die Untersuchung und Dokumentation des Kernkraftwerkes im schwedischen Ågesta. Das zugleich Energie und Wärme liefernde Werk wurde 1974 stillgelegt und unter hohen Sicherheitsauflagen vom Tekniska Museet aufgenommen und inventarisiert. Ziel des ambitionierten Projektes war im ersten Schritt die Erfassung und Dokumentation des in einen Felsen hineingebauten Kavernenkraftwerks und die Bergung erster Anlagenteile. Zum Projekt gehört darüber hinaus die Entwicklung eines Erhaltungs- und Vermittlungskonzeptes, das die technisch und kulturell bedeutende Anlage vor Ort sichert und Artefakte und Aspekte der Bau- und Betriebsgeschichte der Öffentlichkeit zugänglich macht.

Der folgende Beitrag von **Andrew Croft** gibt ebenfalls anhand eines Fallbeispiels einen Einblick in die Entscheidungswege und Methoden für das stillgelegte Kernkraftwerk in Dounreay an der Nordküste der schottischen Highlands. Der Standort war Mittelpunkt des schnellen Brutreaktorprogramms und wurde zur Keimzelle für kern-technische Forschungen und Spitzenleistungen in Großbritannien. 2008 gaben die Betreiber der Anlage und ‚Historic Scotland‘ die Kulturerbe-Strategie in Auftrag, um den Stilllegungsprozess zu unterstützen und sicherzustellen, dass das historische und technische Erbe von Dounreay evaluiert und erhalten wird. Der Beitrag nahm Aspekte aus dem Vortrag von Wayne D. Cocroft auf und legte den Schwerpunkt auf die Erhaltung des Dokumentenerbes und der Aufnahme der Oral History, durch die Einblicke in die Technik, die Geschichte und den Arbeitsalltag im Kernkraftwerk gesichert werden konnten.

Das Kernkraftwerk Zwentendorf, über das **Stefan Zach** als dritte Fallstudie berichtet, stellt als ‚österreichischer Sonderweg‘ einen Sonderfall in der Geschichte der Kernkraftwerke dar. Die Inbetriebnahme des 1972-78 von der Siemens AG als Siedewasserkraftwerk an der Donau errichteten Werkes wurde durch eine Volksabstimmung am 5. November 1978 verhindert. Durch diesen Akt, der neben dem Kernkraftwerk Zwentendorf den gesamten österreichischen Energieplan betraf, ist der Standort fest im österreichischen Kollektivbewusstsein verankert.

Seit der Übernahme des Kernkraftwerkes durch die Energieversorgung Niederösterreich (EVN) im Jahr 2005 ist das technisch vollständig ausgestattete Werk durch Führungen und als Veranstaltungsort regelmäßig zugänglich. Eine Unterschutzstellung durch das Bundesdenkmalamt Österreich wurde erwogen, ist bislang aber durch eine Vereinbarung mit dem Eigentümer nicht erfolgt, der für eine denkmaldienliche Pflege und den Erhalt ohne den Eintrag in die Denkmalliste aufkommt.

Im letzten Vortrag weitet **Christophe Xerri** noch einmal den Blick und stellt erste Erfahrungen und mögliche Sze-

project was, as a first step, to record and document the cavern power plant built into a rock and to start salvaging parts of the plant. The project also includes the development of a conservation and didactic concept that secures the technically and culturally significant plant on site and makes artefacts and aspects of the construction and operation history accessible to the public.

Also with the help of a case study the following article by **Andrew Croft** provides an insight into the decision-making processes and methods for the decommissioned nuclear power plant at Dounreay on the north coast of the Scottish Highlands. The site was the focal point of the rapid breeder reactor programme and became the nucleus for nuclear research and excellence in the UK. In 2008, the plant operators and Historic Scotland commissioned the Cultural Heritage Strategy to support the decommissioning process and ensure that Dounreay’s historical and technical heritage is evaluated and preserved. The paper takes up aspects from Wayne D. Cocroft’s presentation and focuses on the preservation of the documentary heritage and the inclusion of oral history, which provide insights into the technology, history and work routine of the nuclear power plant.

The Zwentendorf nuclear power plant as an ‘Austrian solution’, introduced by **Stefan Zach** in the third case study, is a special case in the history of nuclear power plants. The commissioning of the plant, built in 1972-78 by the Siemens AG as a boiling water power plant on the Danube, was prevented by a referendum on 5 November 1978. Through this act, which apart from the Zwentendorf nuclear power plant affected the entire Austrian energy plan, the site is firmly anchored in the Austrian collective consciousness.

Since the takeover of the nuclear power plant by Energieversorgung Niederösterreich (EVN) in 2005, the technically fully equipped plant has been regularly accessible by guided tours and as a venue for events. The Austrian Federal Office for Monuments and Sites has considered the possibility of putting the power plant on the monument list; however, this has not yet been achieved due to an agreement with the owner, who is responsible for looking after the plant and its conservation without an entry in the monument list.

In the last paper, **Christophe Xerri** broadens the view once again and presents first experiences and possible scenarios in dealing with nuclear power plants after their decommissioning. He shows four different development options for decommissioned sites, which can range from decontamination and demolition to dismissal from nuclear control and to a freely selectable re-use or museumisation of the plants.

Heritage conservation authorities have begun to look for a responsible approach to the structural heritage of an industry that has moved society like no other in recent history. The nuclear power plants are indispensable places and vivid structural evidence of a large-scale technology that was put to an end in Germany for reasons of political responsibility. What is otherwise a question of interpretation and perspec-

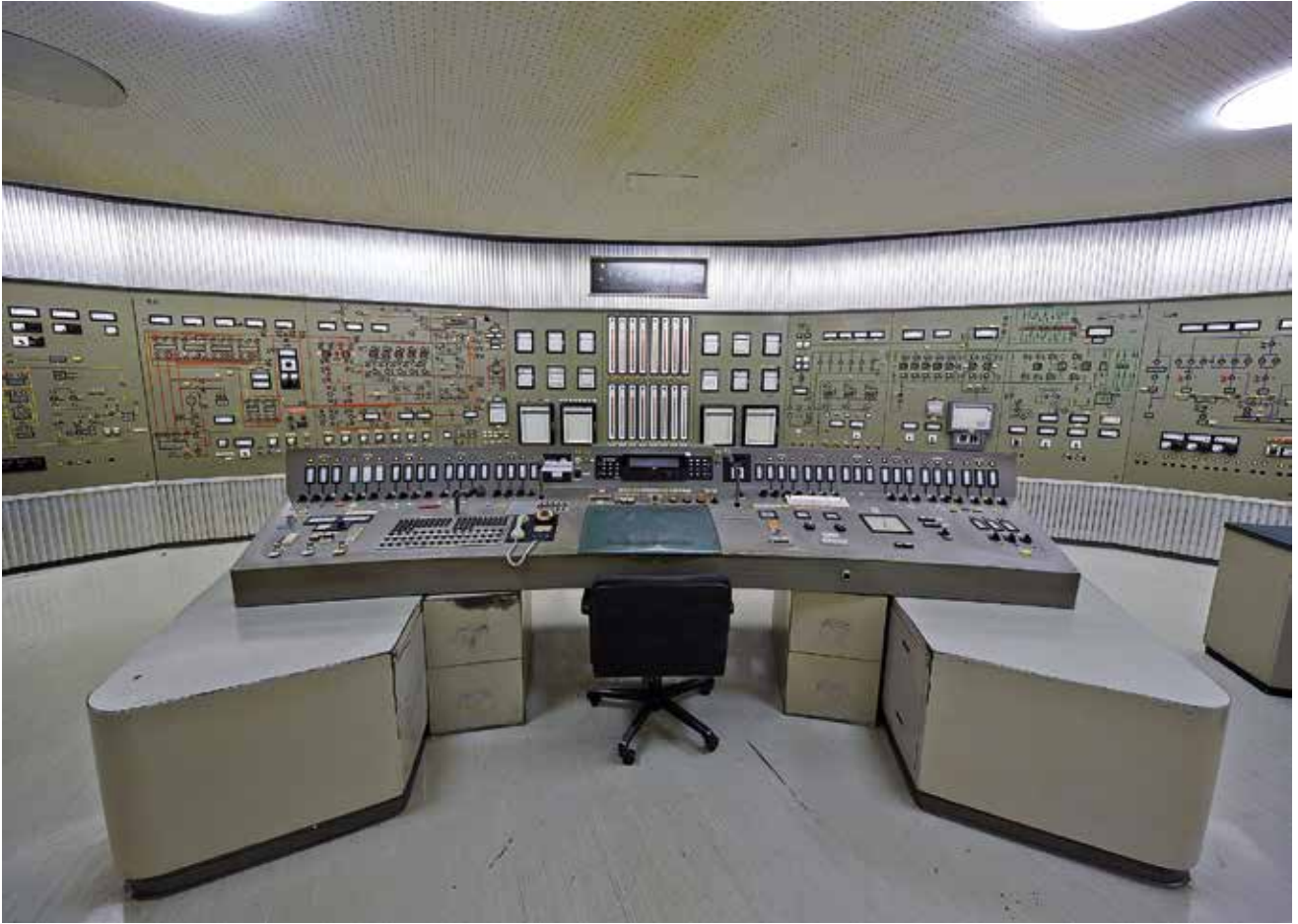


Abb. 3: Bernhard Ludewig: Kernforschungszentrum Karlsruhe. Warte des FR-2. August 2013.

narien im Umgang mit Kernkraftwerken nach deren Stilllegung vor. Er zeigt vier unterschiedliche Entwicklungsoptionen für stillgelegte Standorte, die von der Dekontaminierung und einem Abriss bis zur Entlassung aus der atomrechtlichen Kontrolle und zu einer frei wählbaren Nachnutzung oder Musealisierung der Anlagen reichen können.

Die Denkmalpflege hat begonnen, nach einem verantwortungsvollen Umgang mit dem baulichen Erbe einer Industrie zu suchen, die wie keine zweite in der jüngeren Geschichte die Gesellschaft bewegt hat. Die Kernkraftwerke sind unverzichtbare Orte und anschauliche bauliche Zeugnisse für eine Großtechnik, der in Deutschland aus politischer Verantwortung heraus ein Ende gesetzt wurde. Was für die historischen Disziplinen und die Denkmalpflege sonst eine Frage der Deutung und Perspektive zur Geschichte ist, wird in diesem einzigartigen Fall vorweggenommen: 2022 werden die deutschen Kernkraftwerke einer abgeschlossenen, historisch gewordenen Epoche angehören. Mit diesem klaren Schnitt werden sie nicht wie andere Techniken über eine oder mehrere Generationen langsam aus dem Alltag und dem Bewusstsein der Menschen verschwinden. Ihnen allen steht nach heutigen Planungen ein komplexer Dekontaminationsprozess und darauffolgend der Abbruch bevor. Nur die dabei zusammenkommenden radioaktiven Abfälle

tive on history for the historical disciplines and for heritage conservation is anticipated in this unique case: in 2022 the German nuclear power plants will belong to a completed, historical epoch. With this clear cut, they will not, like other technologies, slowly disappear from everyday life and people's consciousness over one or more generations. According to today's plans, they will all face a complex decontamination process, followed by demolition. Only the radioactive waste that will accumulate in this process and be kept in interim and final repositories will continue to be of concern to society for a long time to come.

It seems there is no question that nuclear power plants, perhaps even more so than conventional power plants, have monument value and should be protected. It is a question of credibility and methodical stringency to recognise and select significant sites in their landscape, structural, technical, economic and social context and to include them in the monument lists.

The "systematic separation between the quality of the monument and its fate", as prescribed by the statutory provisions, is of particular importance for nuclear power plants.³ The two-stage model of inventory and practical conservation of historic monuments, which is applied in heritage conservation, only asks in the second step for preservation



Abb. 4: Bernhard Ludewig: Kernkraftwerk Lubmin/Greifswald. Nicht in Betrieb genommener Block, Oktober 2013.

werden in Zwischen- und Endlagern die Gesellschaft noch lange beschäftigen.

Dass Kernkraftwerke im gleichen, vielleicht sogar in höherem Maße als konventionelle Kraftwerke Denkmalwert und Schutz für sich beanspruchen können, scheint außer Frage. Es ist eine Frage der Glaubwürdigkeit und methodischer Stringenz, bedeutsame Anlagen in ihrem landschaftlichen, baulichen, technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Kontext zu erkennen, auszuwählen und in die Denkmallisten aufzunehmen.

Die „systematische Trennung zwischen Denkmaleigenschaft und Denkmalschicksal“, wie es die gesetzlichen Bestimmungen vorgeben, ist für die Kernkraftwerke von besonderer Bedeutung.³ Das in der Denkmalpflege angelegte zweistufige Modell aus Inventarisierung und praktischer Denkmalpflege fragt erst im zweiten Schritt nach Erhaltungs- und Nutzungsoptionen. Diese Trennung erlaubt es, im ersten Schritt eine nachvollziehbare Erfassung und Auswahl schutzwürdiger Objekte zu treffen. Das hat für viele Denkmale den Vorteil, von bisweilen kurzfristigen Einschätzungen möglicher und unmöglicher Erhaltungs- und Nutzungsszenarien freigehalten zu werden.

and utilisation options. This separation allows as a first step a comprehensible documentation and selection of objects worth preserving. For many monuments, this has the advantage that short-term assessments of possible and impossible preservation and use scenarios need not be taken into consideration.

With regard to the practical issues of safeguarding and preserving nuclear power plants, the sites still existing today provide both simpler and more difficult answers. Comparatively simple are the maintenance and care of power plants that have never been put into operation and have been handed down together with their technical equipment without radiation exposure. An outstanding example is the nuclear power plant in Zwentendorf, Austria, but also Block 6 in Lubmin, which has been open to visitors since 2000. Together with the powerhouse, which is more than one kilometre long and has since been reused, it provides a vivid insight into a nuclear power plant of the Soviet type.

More complex strategies, on the other hand, are necessary for all plants that have already been started up and whose radiated areas have to be technically gutted and decontaminated before they can be released from the Atomic Ener-

Im Hinblick auf die praktischen Fragen der Sicherung und Überlieferung der Kernkraftwerke ergeben sich aus den heute noch vorhandenen Standorten einfachere und schwierigere Antworten. Im Vergleich einfach erscheinen der Erhalt und die Pflege von Kraftwerken, die niemals in Betrieb genommen wurden und samt ihrer technischen Ausstattung ohne Strahlenbelastung überliefert sind. Ein herausragendes Beispiel ist das Kernkraftwerk im österreichischen Zwentendorf, aber auch der Block 6 in Lubmin, der bereits seit 2000 für Besucherinnen und Besucher geöffnet ist. Zusammen mit dem über einen Kilometer langen und mittlerweile nachgenutzten Maschinenhaus vermittelt er anschauliche Einblicke in ein Kernkraftwerk sowjetischen Bauart.

Komplexere Strategien erfordern dagegen alle Anlagen, die bereits angefahren wurden und deren strahlenbelastete Bereiche technisch entkernt und dekontaminiert werden müssen, bevor sie nach der Freimessung aus der Geltung des Atomgesetzes entlassen werden können. Das betrifft bei Druckwasseranlagen die Reaktorgebäude, nicht aber den übrigen Baubestand der Kernkraftwerke, der – wie beispielsweise die Maschinenhäuser mit ihren Turbinen – keiner Belastung ausgesetzt war.

In diesem Fall werden die Innenräume der Reaktorgebäude bis auf die Rohbaustruktur zurückgebaut und die Oberflächen bis zur Freimessung abgearbeitet. Es bleibt die unbeschädigte Außenhülle und ein Innenleben, das in seiner räumlichen Differenzierung mehr über die technisch komplexen Vorgänge vermittelt als die Kesselhäuser herkömmlicher Kohlekraftwerke, deren Bestand an entkernten und nachgenutzten Bauten wohl hundertfach auf den deutschen Denkmallisten vertreten ist.

Die auf diese Weise entkernten Bereiche im Reaktorgebäude aber sind nicht allein ein Verlust in der Überlieferung, sondern beanspruchen selbst Zeugniswert. Denn der notwendige Rückbau bis zur Freimessung war bereits im Planungsprozess vorgesehen. Die aufwendige Dekontamination ist eine der Betriebszeit folgende und von vornherein einkalkulierte Phase im ‚Lebenszyklus‘ jedes Kernkraftwerkes. Eine Phase, die aufgrund der hohen Anforderungen die eigentliche Laufzeit deutlich übertreffen kann.

Es wird zukünftig darauf ankommen, bei denkmalwürdigen Kernkraftwerken die notwendigen von den nicht notwendigen Rückbauoperationen sensibel abzuwägen und dabei Möglichkeiten zu erkennen, Kernkraftwerke als vielschichtige Denkmale zu erhalten und ihre facettenreichen Geschichten und Bedeutungen am authentischen Orten mit authentischen Objekten zu vermitteln.

gy Act after free measurement. In the case of pressurised water plants, this applies to the reactor buildings, but not to the remaining buildings of the nuclear power plants, e.g. the engine houses with their turbines, which have not been exposed to any radiation.

In this case, the interior of the reactor buildings is dismantled down to the shell structure and the surfaces are removed up to the clearance measurement. What remains is the undamaged outer shell and an inner life that in its spatial differentiation conveys more about the technically complex processes than the boiler houses of conventional coal-fired power plants, whose gutted and reused buildings can probably be found hundreds of times on the German monument lists.

However, the areas in the reactor building that have been gutted in this way are not only a loss in historic substance, but also claim to have value as historic witnesses. The necessary dismantling up to the clearance measurement was already included in the planning process. The costly decontamination is a phase in the ‘life cycle’ of every nuclear power plant that follows the operating period and is always included in the calculation from the outset. This is a phase which due to the high requirements can significantly exceed the actual operating life.

In the future, it will be important to carefully weigh the necessary dismantling operations against those that will not be necessary in the case of nuclear power plants worth preserving and to find possibilities to preserve nuclear power plants as multilayered monuments as well as to convey the multi-faceted histories and meanings at the authentic sites and with authentic objects.

¹ Los Angeles Times, 14.01.2001. <http://articles.latimes.com/2001/jan/14/local/me-12312>.

² Hans-Rüdiger KARUTZ, Kraftwerk wird nicht weggretuschiert; in: Die Welt, 20. April 1970.

³ Dimitrij DAVYDOV, in: Dieter J. MARTIN, Michael KRAUTZBERGER, Handbuch Denkmalschutz und Denkmalpflege, München 2017, S. 145



Der nukleare Traum. Eine fotografische Dokumentation

Bernhard Ludewig

Viele Bilder in diesem Tagungsband sind Teil einer Dokumentation des deutschen Atomzeitalters. Die letzten Atomkraftwerke werden bald abgeschaltet. Der Abriss wird noch Jahrzehnte dauern, am Ende werden aber fast alle Spuren verschwunden sein. Mit meinen Bildern möchte ich die Geschichte dieser einstigen Utopie festhalten.

In meiner Kindheit waren technische Visionen politisch wie medial allgegenwärtig, vom Raketenstart im Fernsehen bis zu den Technikbriefmarken der Post. Von dieser Präsenz ist wenig geblieben. Die gesellschaftlich folgenreichsten dieser Visionen war die Atomkraft. Ich hatte lange den Wunsch, sie fotografisch in ihrer Gesamtheit einzufangen, ehe auch sie verschwunden ist. 2012 besuchte ich das erste Kernkraftwerk. In den folgenden Jahren entstand ein Vertrauensverhältnis, das Bilder von Orten ermöglichte, die für Außenstehende kaum zugänglich sind. Ich durfte monumentale Kühltürme betreten, als Bond-Kulisse taugliche Kontrollräume besuchen und am Kran über Reaktorkerne fahren. Unter Geheimschutz-Aufsicht konnte ich zwischen Uranzentrifugen umherlaufen und in La Hague hinter Bleiglas eine Castor-Entladung verfolgen. Man ließ mich die letzte deutsche AKW-Baustelle in Brasilien besuchen, beim Setzen von Sprengladungen im finnischen Endlagerbau zuschauen und den Sarkophag von Tschernobyl betreten. Nicht zuletzt durfte ich die Öffnung eines Reaktors fotografieren – das offene Herz.

Es entstanden Einblicke in eine bei uns verschwindende Welt, deren Räume und Technik oft sakral wirken – einer Utopie grenzenloser Energie angemessen, deren blaues Leuchten eine Generation in ihren Bann schlug. Die einst forcierte Technik ist heute verfemt und ihr Ende besiegelt. Die Gebäude verschwinden langsam, aber gründlich. Am Ende bleiben wenig mehr als grüne Wiesen und die Abfallbehälter übrig. Dokumente und Pläne landen im Altpapier, Unternehmen und Einrichtungen tilgen die Spuren aus Namen und Geschichtsschreibung. Mein Projekt soll den noch sichtbaren Teil dieser Geschichte erhalten. Es umfasst inzwischen Bau, Betrieb und Rückbau der deutschen Kraftwerke, den Uranweg vom Bergbau bis zur Endlagerung sowie Forschungsreaktoren, Prototypen und Trainingseinrichtungen. Bislang konnte ich über 50 Anlagen besuchen, primär in Deutschland, aber auch in sieben weiteren Ländern. Ziel ist ein für 2019–2020 geplanter Bildband, daneben auch eine Fotoausstellung sowie eine Webseite mit Bildarchiv. Das Vorhaben ist nicht kommerziell und verfolgt keine politische Agenda.

Many pictures in these conference proceedings are part of a documentation of the German nuclear age. The last nuclear power plants will be shut down soon. The demolition will take decades, but in the end almost all traces will have disappeared. With my pictures I want to capture the history of this former utopia.

In my childhood, technical visions were ubiquitous, both politically and medially, from rocket launches on television to postage stamps featuring technological topics. Little has remained of this presence. The socially most serious of these visions was nuclear power. For a long time, I have had the desire to capture it photographically in its entirety before it disappears. I visited the first nuclear power plant in 2012. In the years that followed, a relationship of trust developed that enabled me to take pictures of places that were hardly accessible to outsiders. I was allowed to enter monumental cooling towers, visit control rooms suitable as James Bond backdrops and drive over reactor cores on a crane. I was able to walk around between uranium centrifuges under surveillance of the Geheimschutz and watch a Castor (dry cask) being unloaded behind lead glass in La Hague. I was allowed to visit the last German nuclear power plant construction site in Brazil, watch the setting of explosive charges in a Finnish deep geological repository and enter the Chernobyl sarcophagus. Last but not least, I was allowed to photograph the opening of a reactor – the open heart.

The results were insights into a world that is disappearing here, whose spaces and technology often seem sacral – appropriate to a utopia of boundless energy, whose blue glow captivated a whole generation. The once forced technology is now ostracised and its end is certain. The buildings are disappearing slowly, but nonetheless completely. In the end, little more than green meadows and waste containers will remain. Documents and plans are thrown into waste paper containers, companies and institutions erase the traces from names and historiography. The intention of my project is to preserve the still visible part of this history. It now includes the construction, operation and dismantling of German power plants, the uranium route from mining to ultimate waste disposal, as well as research reactors, prototypes and training facilities. So far I have been able to visit over 50 plants, primarily in Germany, but also in seven other countries. The goal is a photo book planned for 2019–2020, a photo exhibition and a website with a photo archive. The project is not commercial and has no political agenda.

◁ Abb. 1: Bernhard Ludewig: Siemens-KWU-Druckwasserreaktor in Angra-2, Brasilien. September 2014.

Abb. 2: Bernhard Ludewig: Kernkraftwerk Gösgen. Brennelementwechsel während der Revision. Juni 2018.



Halbwertszeiten. Das friedliche Atom als Mikrokosmos der bundesdeutschen Geschichte

Frank Uekötter

Wenn die Geschichte der Atomkraft in Deutschland ein Romanmanuskript wäre, dann würde sie vermutlich rasch im Papierkorb eines Lektorats enden. Das liegt nicht nur an der recht spröden Materie, bei der man ohne ein gewisses Grundwissen über Nuklearphysik und Kraftwerkstechnik nicht weit kommt. Schon das Tableau der Akteure ist ziemlich überwältigend: Da geht es um Wissenschaftler und Politiker, Manager und Betriebswirte, Publizisten und bewegte Studenten, aufmüpfige Dorfbewohner und andere, die ganz gerne Gewerbesteuer kassieren. Damit verbindet sich ein kaum weniger disperses Gestrüpp von Themen, die von der Forschungspolitik über die Energieversorgung bis hin zur militärischen Nutzung reichen, die in der Bundesrepublik gottlob stets in einem unbestimmten Möglichkeitsraum verblieben. Und dann war da noch eine denkbar unplausible Chronologie: euphorischer Aufbruch in den Fünfziger Jahren, zähes Verhandeln hinter den Kulissen in den Sechzigern, Bauboom und Opposition in den Siebzigern, dann Grabenkampf mit festen Fronten – und am Ende stirbt das Thema nach einem von breiter Mehrheit getragenen Bundestagsbeschluss. Da kann man sich das Ablehnungsschreiben des Verlags schon ungefähr vorstellen: Phantasie ist schön und gut, lieber Autor, aber es muss ja doch irgendwie plausibel bleiben.¹

Diese Vielfalt der Bezüge ist aber auch eine großartige Chance für die Geschichtspopularisierung. Im Umgang mit der Atomkraft verbinden sich ganz unterschiedliche Handlungsstränge der bundesdeutschen Geschichte. Da geht es um die Zukunft von Wissenschaft und Wirtschaft, um die Macht der Konzerne und die Gegenmacht der Bürger, um NS-Vergangenheiten und utopische Hoffnungen, um Geltungsanspruch und Ohnmacht staatlicher Politik und nicht zuletzt um das Wechselspiel von nationaler Autonomie und internationaler Vernetzung. Seit ihren Anfängen ist die deutsche Atomgeschichte nur im internationalen Zusammenhang zu verstehen.

Dieser internationale Rahmen zerfiel in der Zeit des Kalten Kriegs in zwei Teile. Die USA waren für die bundesdeutsche Atompolitik wichtiger als jedes andere Land, und in der DDR war die Abhängigkeit von der Sowjetunion noch stärker: Die Entwicklung eines eigenen Reaktortyps, wie sie die Bundesrepublik mit dem Hochtemperaturreaktor verfolgte,

wäre in Ostdeutschland undenkbar gewesen.² Verflechtungen über die Mauer hinweg waren bis 1989 ziemlich spärlich, und die Divergenzen verwischten sich nach der Wende nur sehr bedingt. Während die ostdeutschen Reaktoren im Sommer 1990 abgeschaltet wurden, liefen die westdeutsche Meiler einfach weiter, und dadurch wurden Atompolitik und Atomprotest zu westdeutsch geprägten Themen. Eine Wiedervereinigung gab es in der Atomkraft im Grunde genommen bis heute nicht, schon deshalb, weil es von der Sache her eigentlich nicht viel zu vereinigen gab. Nur auf der personellen Ebene scheint es nach 1990 einen nicht unerheblichen Austausch gegeben zu haben, da die plötzlich arbeitslosen Bedienmannschaften der DDR-Reaktoren im Westen dankbare Arbeitgeber fanden. In der Bundesrepublik gab es um 1990 nicht mehr viele junge Menschen, die Lust auf eine berufliche Karriere in der Atomkraft hatten. Ohne DDR wäre der deutsche Atomausstieg vielleicht nicht durch Parlamentsbeschluss herbeigeführt worden, sondern durch Personalmangel.

In diesem deutsch-deutschen Kontrast besteht eine Grenze, die man sich am besten von vornherein eingesteht. Die deutsche Atomgeschichte zerfällt in zwei Teile mit jeweils eigenen Akteuren, Motiven und Chronologien, und jeder Versuch, sie gewissermaßen nachträglich wiederzuvereinigen, dürfte unvermeidlich im intellektuellen Krampf enden. Man kann den Atomausstieg insofern auch als einen Abschied von der alten Bundesrepublik interpretieren, die in der deutschen Gegenwart ansonsten längst ziemlich verblasst ist. Die folgenden Bemerkungen werden sich deshalb weitgehend auf den bundesdeutschen Teil der Geschichte konzentrieren. Das hat auch den nicht ganz unwillkommenen Nebeneffekt, dass die damit verbundene geographische Eingrenzung etwas Klarheit in einem notorisch unübersichtlichen Themenfeld verschafft.³

Diese Unübersichtlichkeit ist jedoch etwas, was in der Geschichtsvermittlung zunächst einmal diskursiv herzustellen ist. Nach dem jahrzehntelangen Streit um die Atomkraft scheint die Sache ganz einfach zu sein. Da steht auf der einen Seite eine breite Protestbewegung, die sich vor allem auf die Gefahren der Kerntechnik konzentrierte. Ihr gegenüber stand eine Phalanx von vier Großkonzernen mit laufenden Reaktoren und dem entsprechenden administrativ-

◁ Abb. 1: Bernhard Ludewig: Forschungsreaktor Mainz. Pulsbetrieb, Tscherenkow-Licht eines 10-Millisekunden-Pulses. März 2016.

technischen Umfeld. Aber das war lediglich der Endpunkt einer langen Entwicklung, und der simple politische Gegensatz verdeckt leicht, dass es stets um mehrere sich überlagernde Belange ging: um Stromerzeugung, Industriepolitik, Forschung und Entwicklung, militärische Interessen, Reaktorsicherheit. Man kann die Geschichte der Atomkraft nur verstehen, wenn man sich vor Augen führt, dass es dabei um weit mehr ging als um ein Problem der Stromerzeugung. Wenn von vornherein absehbar gewesen wäre, dass am Ende lediglich eine komplizierte Methode zum Erwärmen von Wasser stehen würde, hätte man sich den ganzen Aufwand vermutlich geschenkt.

Wo fängt man an, wenn man von der Atomkraft erzählt? Je nach Startpunkt bekommt man ganz unterschiedliche Erzählungen. Man kann die Physiker in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts ins Zentrum rücken. Das läuft auf das Narrativ einer moralisch weitgehend unbeleckten Forscherclique hinaus, die aus dem Elfenbeinturm ins Zentrum der Weltpolitik katapultiert wurde und dann im Manhattan-Projekt die weltweit erste funktionsfähige Atombombe baute. Man kann aber auch gleich mit der Bombe mit allen damit verbundenen moralischen Abgründen beginnen, so dass von Anfang an ein Schatten über der Kerntechnik und ein unheimlicher Verdacht über jedem einschlägigen Projekt liegt. Oder soll man all dies als transnationalen Kontext verbuchen und die eigentliche Geschichte streng im Rahmen einzelner Staaten erzählen?

Letzteres hatte im Falle der Bundesrepublik unverkennbare Vorteile, die nicht erst im Rückblick erkennbar werden. Die Göttinger Erklärung vom April 1957 war eben auch ein erinnerungspolitisch geschickter Schachzug: Die 18 Physiker, die sich strikt jedem militärischen Entwicklungsprogramm verweigerten, forderten im gleichen Atemzug eine großzügige Förderung der zivilen Entwicklung und lenkten ganz nebenbei von ihren eigenen nationalsozialistischen Vergangenheiten ab.⁴ Dabei war die Linie zwischen militärischer und ziviler Nutzung stets eine Sache der Betrachtungsweise. Der Leichtwasserreaktor, der sich auch in der Bundesrepublik als Reaktortyp durchsetzte, kam aus der Militärtechnik und erlangte nur deshalb seinen entscheidenden Startvorteil, weil er seit 1954 als Antrieb des amerikanischen Atom-U-Boots Nautilus im Dienst stand. Leichtwasserreaktoren waren zudem auf angereicherte Brennelemente angewiesen, die wiederum ein Produkt der militärischen Urananreicherungstechnologie waren. Die Energiekonzerne wären niemals auf eigene Rechnung in die extrem kostspielige Anreicherungstechnologie eingestiegen. So bot die zivile Atomkraft auch einen unauffälligen Weg, die Kosten der Atomrüstung abzuschreiben.

Für die Atomkraft wurde in den fünfziger Jahren ein eigenes Ministerium geschaffen, aus dem das heutige Bundesministerium für Bildung und Forschung hervorging.⁵ Schon darin ist eine Erwartungshaltung zu erkennen, die für die weitere Entwicklung von kaum zu überschätzender Bedeutung war. Das neue Ministerium, dessen erster Leiter

Franz Josef Strauß war, spiegelte eine verbreitete Auffassung, dass die Nutzung der Kraft des Atoms eine zentrale Herausforderung moderner Gesellschaften sein würde. In heutigen Begriffen würde man von einer Schlüsseltechnologie reden, deren Förderung in Deutschland nach dem katastrophalen wissenschaftlichen Aderlass der NS-Zeit mit großen Hoffnungen aufgeladen wurde. Wer wollte noch kritisch nach dem Verhältnis von Kosten und Nutzen fragen, wenn es doch um eine Zukunftsfrage und den Anschluss an die Weltspitze ging? Ein Interesse an Atomforschung bekundeten seit Mitte der fünfziger Jahre viele Länder, aber bei weitem nicht alle nahmen sich wie die Bundesrepublik vor, das ganze Spektrum kerntechnischer Herausforderungen von eigenen Reaktorlinien bis zur Wiederaufarbeitung abzudecken.

So ist die Atomkraft auch ein Monument für einen historischen Höhepunkt der Wissenschaftsgläubigkeit. Kaum je war das Vertrauen in die Kraft der Wissenschaft, den Fortschritt des Menschengeschlechts aus sich selbst heraus zu generieren, so stark wie am Anfang der kerntechnischen Entwicklung. Dass dann die Kerntechnik selbst einen großen Anteil daran hatte, Visionen des technischen Fortschrittes zu zerstören, ist eine der großen Paradoxien der bundesdeutschen Atomgeschichte. Aber nur so waren die großzügigen Investitionen überhaupt legitimierbar, denn greifbare Vorbilder gab es nicht. Es gab kein atomares Großkraftwerk, das die Rentabilität der neuen Technik hätte zeigen können, und mit Ausnahme des Atom-U-Boots gab es auch andere Verwendungszwecke nur als utopische Skizze. Mit einigen Ideen, so etwa dem Flugzeug mit Atomtrieb, lässt sich heute in Vorträgen ein zuverlässiger Lacheffekt erzielen.

Die „Urkraft des Atoms“ schaffte es sogar in die Einleitung des Godesberger Programms, mit dem die SPD ihre Abkehr von der sozialistischen Arbeiterpartei besiegelte. Dennoch wäre es kurzsichtig, diese Fortschrittseuphorie lediglich als Ausdruck wolkiger Phantasien zu betrachten. Auch in wissenschaftsgläubigen Zeiten bedurften Gelder für Forschung und Entwicklung einer Begründung. Aber die entscheidenden Weichenstellungen für den Einstieg in die Atomkraft fielen in die Boomjahre nach dem Zweiten Weltkrieg, die heute als das goldene Zeitalter des westlichen Kapitalismus gelten. Das machte großzügige Mittelzuweisungen deutlich leichter. Zugleich fehlte aber auch ein konkurrierendes Projekt. Die fünfziger und sechziger Jahren waren weitgehend frei von Energiekrisen, und andere Wege der Energieversorgung, etwa Wasserkraft oder Großkraftwerke mit fossilen Brennstoffen, waren längst zu einer gewissen Reife entwickelt und vielfach gebaut, so dass sich die Atomkraft keiner direkten Konkurrenz um Forschungsmittel stellen musste.

Dieser Befund reizt zur kontrafaktischen Spekulation. Wäre die Kernspaltung in einer Zeit ökonomischer Krisen ein marginales Forschungsprogramm geblieben, vergleichbar etwa mit der Fusionstechnologie, die seit Jahrzehnten auf dem Stand einzelner Versuchszentren verharret? Hatte die Atomkraft nur in Zeiten energetischer Sorglosigkeit eine



Abb. 2: Bernhard Ludewig: Kernkraftwerk Krümmel. Rohrleitungen im Steuerstab-Antriebsraum. April 2017.

Chance, weil nur dann große Investitionen möglich waren, die erst nach Jahrzehnten einen Ertrag versprochen? Naiver Fortschrittsoptimismus und ökonomische Wachstumserfahrungen entziehen sich einer direkten Archivierung, und doch gehört auch dies zu den Erfahrungshorizonten, die bei einer möglichen Bewahrung eines baulichen Erbes mitverhandelt werden.

Zugleich dürfte damit aber auch deutlich geworden sein, dass die real gebauten Atomanlagen nur einen Ausschnitt ehemaliger Visionen darstellen. Atomkraftwerke waren nicht als geschlossene technische Anlagen gedacht, sondern als Teile eines Netzwerks, das durch die Kombination von Brütertechnologie und Wiederaufarbeitung praktisch unbegrenzt Energie zu liefern versprach. Dieses Kreislaufideal lässt sich durch technische Artefakte nur begrenzt dokumentieren, und doch gibt das blitzende Metall der Reaktortechnologie einen Eindruck von einstigen technologischen Utopien. Bei aller intellektuellen und politischen Überformung besitzt die Nukleartechnik weiterhin eine visuelle Magie, die man sich nach dem Atomausstieg vielleicht auch wieder ohne unterschwellige Schuldgefühle eingestehen vermag.

Letztlich ging es beim Einstieg in die Atomkraft um milliardenschwere Investitionen und eine Zusammenballung von expertokratischer und artefaktischer Macht, die eine Heraus-

forderung erster Güte für die Steuerungsfähigkeit westlicher Wohlfahrtsstaaten darstellte. Den bundesdeutschen Weg der Entscheidungsfindung kennen wir seit Joachim Radkau's bahnbrechender Studie zu Aufstieg und Krise der Atomwirtschaft. Es war ein holpriger, konzeptionsloser Weg, in dem die Magie der Zukunftstechnologie bald alltäglicheren Überlegungen Platz machte. Je länger sich der Einstieg ins Atomzeitalter verzögerte, desto größer wurde die Macht der Energieversorger und desto ungemütlicher die Rolle der Politik. Nach üppigen finanziellen und rhetorischen Investitionen kam man aus der Nummer nicht mehr einfach so heraus.⁶

Die Zurückhaltung der Stromkonzerne war nicht nur eine Sache der Verhandlungstaktik. Letztlich mussten sie das betriebliche Risiko der neuen Reaktoren tragen, zudem gab es Widerstand von anderen Energiequellen, besonders ausgeprägt in Form der Braunkohle beim RWE. Außerdem wussten erfahrene Kraftwerkstechniker, dass es bei neuen Technologien stets Überraschungen und Kinderkrankheiten gab. Das Buch *Atomkraft* des Ingenieurs Friedrich Münzinger, das in den fünfziger Jahren mehrere Auflagen erfuhr, enthielt dafür eine Menge Anschauungsmaterial.⁷ Später wurden aus Mutmaßungen reale Erfahrungen, ausführlich dokumentiert in Holger Strohms *Friedlich in die Katastrophe*, einem Kompendium für Atomkraftkritiker, das bis 1981 auf mehr als 1200 Seiten anschwell.⁸



Abb. 3: Bernhard Ludewig: Kernkraftwerk Gundremmingen, Block B. Schleuse zum Steuerstab-Antriebsraum während der Revision. Juli 2015.

Strohms Buch ist aufs Engste verwoben mit der Entwicklung einer zivilen Anti-Atomkraft-Bewegung in den siebziger Jahren. Diese Bewegung ist geradezu ein bundesdeutscher Mythos geworden, insbesondere in Form der Proteste gegen Reaktorprojekte. Der legendäre Widerstand gegen ein Atomkraftwerk im badischen Wyhl, der Winzer und Studierende aus dem nahen Freiburg zusammenbrachte, schaffte es sogar in ein dreibändiges Buchprojekt über *Deutsche Erinnerungsorte*.⁹ Er drückt bis heute dem Blick auf Atomkraft seinen Stempel auf: Die Gefahren der Radioaktivität und einer katastrophalen Havarie sind sehr viel schärfer ins kollektive Gedächtnis eingeschrieben als die betriebswirtschaftlichen Risiken. Fast möchte man es als eine gerechte Strafe sehen, wenn sich ein Atomkraftwerk nicht rentierte. Wer mit unverantwortlichen Risikotechnologien hantierte, hatte jedes Recht auf Mitgefühl verwirkt, wenn er dabei auch noch Geld verlor.

Auch in der Bundesrepublik gab es Reaktoren, die nach kurzer Betriebszeit abgeschrieben werden mussten: Lingen, Gundremmingen A, Großwelzheim, Mülheim-Kärlich, Niederaichbach. Längst wurde an diesen Standorten mit dem Rückbau begonnen, der andernorts noch bevorsteht. In Nie-

deraichbach ist das Projekt sogar schon abgeschlossen, so dass hier nur noch ein Gedenkstein und die sprichwörtliche grüne Wiese zu sehen ist. Dabei wären solche gescheiterten Projekte als Orte der nuklearen Erinnerung viel reizvoller als Großkraftwerke, die jahrzehntelang reibungslos liefen.

Die Anti-Atomkraft-Bewegung galt in den siebziger Jahren als Musterbeispiel für neue soziale Bewegungen, die unhierarchisch, spontan und aktionsorientiert neue Politikfelder erschlossen. Das war stets mehr Selbstideal als Realität, und das muss man mit dem Abstand von 40 Jahren auch gar nicht so kritisch sehen. Sollten die neuen sozialen Bewegungen nicht inhärent instabil sein? Tatsächlich blieben Verbände und Einzelpersonen über Jahrzehnte aktiv. Für manche wurde der Protest gegen die Atomkraft geradezu zum Lebensthema, und am Ende bekamen sie mit dem Atomausstieg sogar recht. Besser wird es in einer Demokratie nicht.

Der Protest gegen die Atomkraft war vielfältig, und entsprechend sollte auch seine Musealisierung sein. Es gab Lieder und Transparente, begeisterte Demonstranten und hartnäckige Kläger vor Verwaltungsgerichten, abtrünnige Experten der Atomwirtschaft und andere Experten, die gar

nicht erst in den Dienst der Konzerne treten wollten. Aber vielleicht darf man doch sagen, dass kaum etwas den Protest so sehr prägte wie die Bauzäune? Seit Wyhl gehörte eine Platzbesetzung zum Traum vieler Aktiver, und entsprechend wurden die Bauplätze dann auch gesichert. Heute sind die materialischen Zäune ein Objekt, das bei der Bewahrung des baulichen Erbes keinesfalls übersehen werden sollte. Das Denkmal in Salzburg, das an den Protest gegen die Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf erinnert, symbolisiert einen überdimensionierten Zaun, der in der Inschrift als „Zaun des Anstoßes“ titulierte wird.

Das Salzburger Denkmal steht auf dem zentral gelegenen Mozartplatz. In der Region selbst gibt es das Franziskus-Marterl, das seinerzeit als Treffpunkt bei Demonstrationen diente, sowie einen Gedenkstein in Burglengenfeld für das Anti-WAAhnsinns-Festival; beide stehen in ländlicher Umgebung und werden wohl nur von Menschen registriert, die gezielt nach Zeichen der Erinnerung suchen. Es ist ein durchaus symbolträchtiger Gegensatz. Nach Jahrzehnten des heißen Kampfes deutet nun viel auf ein leises Verschwinden von Erinnerungen und Artefakten hin. Gewiss: Die Bewahrung des baulichen Erbes der Atomkraft ist keine einfache Aufgabe. Mehr als andere Objekte bedarf dieses Erbe der Erläuterung und Kontextualisierung; aber wenn es gelingt, wird weit mehr als eine Facette der Energiegeschichte erkennbar. Wie kaum ein anderes Thema lässt sich das friedliche Atom als ein Mikrokosmos der bundesdeutschen Geschichte studieren. Im Vergleich mit den riesigen Summen, die in den vergangenen Jahrzehnten in Forschung, Entwicklung und Betrieb atomarer Technologien investiert wurden, wäre die Bewahrung des baulichen Erbes auch geradezu lächerlich billig.

Zur nuklearen Kontroverse gehörten auch zahlreiche Mutmaßungen und Spekulationen bis hin zu veritablen Verschwörungstheorien. In jüngster Zeit gibt es derlei auch als geschichtswissenschaftliche Dissertation: Eine von der Technischen Universität Darmstadt angenommene Dissertation spekuliert über die verborgenen militärischen Intention hinter dem bundesdeutschen Atomprogramm, wobei sich der Autor nicht so recht zu entscheiden vermochte, ob hier eine kleine verschwiegene Gruppe von Eingeweihten am Werke war oder eher ein „militärisch-industriell-wissenschaftlicher Komplex“.¹⁰ Könnte es sein, dass mit der realen Atomtechnik auch die Realgeschichte in einem Sumpf von Mythen und Mutmaßungen untergeht? Die Befürworter der Atomkraft waren stets auch eine argumentative Macht, die jeden Kritiker zur gründlichen Recherche erzog, weil man sonst rasch im diskursiven Abseits landete. Diese Gegenmacht fällt mit dem Atomausstieg weg, und es ist eine offene Frage, was an ihre Stelle tritt. Den Artefakten und ihren Bewahrern könnte auch in dieser Hinsicht eine wichtige Aufgabe zukommen.

Literatur

- Cornelia ALTENBURG, Kernenergie und Politikberatung. Die Vermessung einer Kontroverse, Wiesbaden 2010.
- Tilman HANEL, Die Bombe als Option. Motive für den Aufbau einer atomtechnischen Infrastruktur in der Bundesrepublik bis 1963, Essen 2015.
- Ulrich KIRCHNER, Der Hochtemperaturreaktor. Konflikte, Interessen, Entscheidungen, Frankfurt 1991.
- Robert LORENZ, Protest der Physiker. Die „Göttinger Erklärung“ von 1957, Bielefeld 2011.
- Martin V. MELOSI, Atomic Age America, Boston 2013.
- Friedrich MÜNZINGER, Atomkraft. Der Bau ortsfester und beweglicher Atomtriebe und seine technischen und wirtschaftlichen Probleme. Eine kritische Einführung für Ingenieure, Volkswirte und Politiker, 3. Aufl. 1960.
- Joachim RADKAU, Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945–1975. Verdrängte Alternativen in der Kerntechnik und der Ursprung der nuklearen Kontroverse, Reinbek 1983.
- Joachim RADKAU/Lothar HAHN, Aufstieg und Fall der deutschen Atomwirtschaft, München 2013.
- Mike REICHERT, Kernenergiewirtschaft in der DDR. Entwicklungsbedingungen, konzeptioneller Anspruch und Realisierungsgrad (1955–1990), St. Katharinen 1999.
- Bernd-A. RUSINEK, Wyhl, in: Etienne FRANÇOIS/Hagen SCHULZE (Hrsg.), Deutsche Erinnerungsorte II, München 2001, S. 652–666.
- Holger STROHM, Friedlich in die Katastrophe. Eine Dokumentation über Atomkraftwerke, 10. Auflage Frankfurt 1982.
- Anselm TIGGEMANN, Die „Achillesferse“ der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland. Zur Kernenergiekontroverse und Geschichte der nuklearen Entsorgung von den Anfängen bis Gorleben 1955 bis 1985, Lauf an der Pegnitz 2004.
- Peter WEINGART (Hrsg.), Das Wissensministerium. Ein halbes Jahrhundert Forschungs- und Bildungspolitik in Deutschland, Weilerswist 2006.

Abstract

Half-lives.

The Peaceful Atom as a Microcosm of German History

Taking the evidence of nuclear power into consideration in the protection and preservation of historic monuments offers an opportunity to preserve very different strands of German history. They range from research and science policy, energy supply and military issues, to a euphoria about progress that is difficult to comprehend today, and finally to the construction boom of the 1960s and 1970s and the growing opposition. This history, in turn, is hardly comprehensible without the international context of the Cold War; thus the significance of all relics of the nuclear age expands into Europe and beyond. However, telling about the history of nuclear

power also requires a perspective that goes far beyond the end of the Second World War, when scientific experiments by physicists suddenly gave rise to political dimensions that science found difficult to escape. Nuclear research always stood in the area of tension between military and civilian use.

The special political dimension after the end of the Second World War is reflected, among other things, in the establishment of a West German ministry which saw the use of nuclear power as a central challenge for modern society and from which the Federal Ministry of Education and Research later emerged. The use of nuclear research, understood as a key technology, was seen as a decisive question for the future and a possible way to catch up with the world leaders. On the one hand, this was charged with great scientific and political hopes; on the other hand, this hope justified the immense investments. The visions of a civilian use of nuclear power, however, met with business concerns on the part of the power companies that could also have met the demand with other long-mature technologies.

More serious than these risks, however, were the protests of the growing anti-nuclear movement, whose protagonists threw a different, not merely moral consideration into the balance: that of the dangers of radioactivity in the event of a catastrophic accident and, equally serious, that of the sustainable disposal of nuclear waste. The forms of these protests – demonstrations, songs, banners, fences, lawsuits before the courts – have become legendary and belong to the basic understanding of German democracy, which, expressed late and comparatively surprisingly, was followed by the Federal Republic's withdrawal from nuclear power. It already belongs to a different logic than that of social movements.

Finally, the artifacts of the nuclear age are linked to an almost exuberant abundance of speculations and theories of conspiracy, which are also part of this story and must be told in its context. The best way to do this is to look at preserved testimonies.

¹ Für einen Überblick zur bundesdeutschen Atomgeschichte siehe RADKAU, Aufstieg, 1983. Das Buch wurde nach Fukushima neu aufgelegt: RADKAU/HAHN, Aufstieg und Fall, 2013, lässt aber weiterhin seine Ursprünge als historische Qualifikationsschrift erkennen. Bislang fehlt eine lehrbuchartige Synthese, wie sie Martin Melosi für die Vereinigten Staaten vorgelegt hat (MELOSI, Atomic Age, 2013).

² Zur Atomkraft in der DDR vgl. REICHERT, Kernenergiewirtschaft, 1999. Zum bundesdeutschen Sonderweg der Reaktorentwicklung KIRCHNER, Hochtemperaturreaktor, 1991.

³ Diese Unübersichtlichkeit hat durch die jüngere Forschung noch eher zugenommen, die bei allen erfreulichen Ein-

zelerkenntnissen auch eine spürbare Tribalisierung des Forschungsfeldes bewirkt hat. Einen Eindruck von der Diversität der Ansätze liefern ALTENBURG, Politikberatung, 2010; TIGGEMANN, Kernenergiekontroverse, 2004, und LORENZ, Protest, 2011.

⁴ Vgl. LORENZ, Protest, 2011.

⁵ WEINGART, Wissensministerium, 2006.

⁶ RADKAU, Aufstieg, 1983.

⁷ MÜNZINGER, Atomkraft, 1960.

⁸ STROHM, Katastrophe, 1982.

⁹ RUSINEK, Wyhl, 2001.

¹⁰ HANEL, Bombe als Option, 2015, S. 11.

I Grundlagen Fundamentals



Das Denkmal als Mahnmal?

Norbert Tempel

Über Denkmalwerte und Erhaltungschancen von Kernkraftwerken zu sprechen, setzt voraus, sich über Grundlegendes zu verständigen. Jede Diskussion über die Denkmalswürdigkeit und Denkmalfähigkeit von baulichen Zeugen der Vergangenheit benötigt die Kenntnis der Bauaufgabe, einen Überblick über technische Fragen, über Anforderungen des betrieblichen Ablaufs und die daraus resultierenden Formen und Funktionen des architektonischen Entwurfs. Im Falle von Kernkraftwerken kommt der problematische Umfang der Strahlenbelastung hinzu, der in der fachlichen Auseinandersetzung eine höchst bedeutsame Rolle spielt.

Wie **Gunnar Klack** in seinem Überblick zur Baugeschichte der Kernkraftwerke ausführt, sind Druck- und Siedewasserreaktor hinsichtlich ihres technologischen Aufbaus und damit auch in Umfang und Intensität der nuklearen Kontamination ihrer Anlagen und Gebäude allerdings deutlich voneinander zu unterscheiden.

Die Dekontamination stillgelegter Kernkraftwerke ist gemäß dem im Januar 1960 in Kraft getretenen „Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz)“ zwingend vorgeschrieben und bindende Aufgabe für alle Verantwortlichen. Aus der Praxis heraus erläutert **Ralf Borchardt**, inwiefern die theoretisch aussagekräftigste Vision „Erhaltung eines ewig strahlenden Denkmals“ auszuschließen ist. Gesellschaftlich und auch in der Verantwortung für kommende Generationen ist sie unvernünftig und unvertretbar. Einen Ausweg bietet die Erhaltung eines fertig gebauten, aber nie in Betrieb gegangenen Kraftwerksblocks wie z. B. des Reaktors 6 in Lubmin bei Greifswald.

Im Zuge der Dekontamination eines Kernkraftwerks müssen in den strahlenbelasteten Bereichen technologisch bedeutsame Bauteile entfernt werden. Das schränkt den Denkmalwert nach klassischem Verständnis erheblich ein. Der Erkenntniswert für Besucher, die Vermittlung dieses fortschrittseuphorischen Kapitels der menschlichen Gesellschaft ist nach der Dekontamination deutlich eingeschränkt. Deshalb ist hier die Diskussion um das Erhaltenswerte unmittelbar am Anfang des Prozesses um die Frage nach dem Möglichen zu erweitern. Hier gilt es, nach Vermittlungsstrategien zu suchen, die neben den nicht strahlenbelasteten Anlageteilen auch dekontaminierte Reaktoren ins Zentrum stellen und dadurch zeigen, wie gefährlich die Nuklear-Technologie ist und wie aufwändig ihre Beseitigung nach nur wenigen Betriebsjahren. Das Denkmal als Mahnmal?

Talking about monument values and preservation options of nuclear power plants presupposes that there is an understanding about the fundamentals. Every discussion about the heritage qualities of architectural witnesses of the past requires knowledge of the construction task, an overview of technical issues, of requirements of the operational procedure and the resulting forms and functions of the architectural design. In the case of nuclear power plants, the problematic extent of radiation exposure needs to be added, which plays a highly significant role in the professional debate.

As Gunnar Klack explains in his overview of the construction history of nuclear power plants, the pressurised-water and boiling-water reactors have to be clearly differentiated with regard to their technological structure and thus also with regard to the extent and intensity of the nuclear contamination of their plants and buildings.

The decontamination of decommissioned nuclear power plants is mandatory according to the “Act on the Peaceful Utilization of Atomic Energy and the Protection against its Hazards (Atomic Energy Act)” which came into force in January 1960 and is a binding task for all responsible parties. Based on practical experience, Ralf Borchardt explains to what extent the theoretically most meaningful vision “preservation of an eternally radioactive monument” can be excluded. It is unreasonable and unacceptable both socially and in terms of responsibility for future generations. One way out is to preserve a completed power plant unit that never went into operation, such as Reactor 6 in Lubmin near Greifswald.

In the course of decontamination of a nuclear power plant, technologically important components have to be removed in the areas exposed to radiation. According to classical understanding, this considerably reduces the heritage value. The epistemological value for visitors, the communication of this progress-euphoric chapter of human society, is clearly limited after decontamination. For this reason, the discussion about what is worth preserving must be broadened to include the question of what is possible right at the beginning of the process. The aim here is to search for communication strategies that besides plant components that are not contaminated by radiation also focus on decontaminated reactors, thus showing how dangerous nuclear technology is and how costly it is to dispose of it after only a few years of operation. The monument as memorial?

Kernkraftwerke. Bauaufgabe, Bautypen, Geschichte

Gunnar Klack

Bei der Bearbeitung der Frage nach dem Denkmalwert von Kernkraftwerken müssen sich notwendigerweise zwei Fachdiskurse überschneiden: jener der Denkmalpflege und der der Kerntechnik. Und obwohl tiefgründiges Wissen über die Funktionsweise und den technischen Aufbau von Kernkraftwerken besteht, wurde bisher selten der Blick auf Kernkraftwerke als Gegenstände der Baugeschichte gerichtet. Wie bei den meisten technischen Bauwerken liegt der Impuls nahe, Kernkraftwerke aufgrund ihres funktionalen Wesens als *nicht*-gestaltet zu bezeichnen und ihnen potenziellen baukünstlerischen Wert abzusprechen. Doch selbst bei einer „lediglich“ funktionalen Bauplanung ist gestalterische Intelligenz und Innovation notwendig. Die Baugeschichte zeigt, dass immer wieder auch reine Ingenieurbauwerke hohen baukünstlerischen Wert besitzen können. Und einmal ganz abgesehen davon, ob man Kernkraftwerke nun als gestaltet oder als nicht-gestaltet bezeichnen möchte, so besitzen sie doch unbestreitbar eine Baugeschichte, eine eigene Ästhetik und viele Verbindungspunkte zur Architektur des 20. Jahrhunderts. Die Baugeschichte der Kernkraft beginnt direkt nach dem Zweiten Weltkrieg und endet – zumindest in Deutschland – in den 1980er Jahren. Es handelt sich bei Kernkraftwerken in Deutschland somit notwendigerweise um Bauten der Nachkriegsmoderne. Die geradezu symbolhafte Form der Reaktor-Kuppel spielt in der öffentlichen Wahrnehmung von Kernkraftwerken – zumindest in Deutschland – eine wichtige Rolle. Bei der Betrachtung der Kernenergie als Teil der Sozialgeschichte der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ist die Bedeutung der ästhetischen Wirkung von Kernkraftwerken nicht von der Hand zu weisen. Ganz gleich ob sie als Prestigeobjekte oder als Schandfleck dargestellt wurden, war die sichtbare Erscheinung der Kraftwerksbauten wesentlicher Teil des gesellschaftlichen Prozesses.

Um fruchtbar über Kernkraftwerke als Gegenstände der Baugeschichte sprechen zu können, ist Kenntnis über den technischen Aufbau und die Funktion dieser Bauwerke notwendig. Die verschiedenen Bautypen von Kernkraftwerken wurden entsprechend verschiedener Reaktortypen entwickelt. Die Bezeichnungen der üblichen Reaktortypen – Druckwasserreaktor, Siedewasserreaktor, Graftreaktor – gehören zum Stammvokabular der Kerntechnik. Daher ist es notwendig, einen Überblick über die typischen verwendeten Reaktoren zu gewinnen, selbst wenn dabei die Kerntechnik selbst nicht Gegenstand des vorliegenden Artikels

sein soll. Neben dem Überblick über Funktionsweise und Bautypen von Kernkraftwerken soll vor allem die Baugeschichte dargestellt werden, mit einem Schwerpunkt auf den Kraftwerkstypen in Deutschland, wobei hier aufgrund des zahlenmäßigen Verhältnisses zwischen Kraftwerken in Ost- und Westdeutschland ein Ungleichgewicht unvermeidbar ist. Da die Baugeschichte der Kernkraft verhältnismäßig kurz ist und sich die Entwicklung dieser Bauaufgabe rasant in großen Schritten entwickelte, soll die historische Entwicklung der Kernkraftwerke anhand weniger ausgewählter Beispiele nachvollzogen werden. Dankend erwähnen möchte ich an dieser Stelle Dr. Anna Veronika Wendland vom Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung in Marburg, SFB-Transregio 138 *Dynamics of Security*, die mir beim Verfassen des Artikels beratend zur Seite stand.

Eine Bemerkung sei dem Überblick über die Bautypen von Kernkraftwerken vorangestellt: Es handelt sich um eine Betrachtung der typischen und häufig angewandten Bauweisen. Prinzipiell ist eine Vielzahl von Reaktortypen denkbar, und es wurden – besonders in der Frühphase der Kernenergie – viele Reaktortypen erprobt. Bisher ist von allen denkbaren und erprobten Reaktorkonzepten jedoch nur eine Handvoll von verschiedenen Typen so weit entwickelt worden, dass diese in hoher Anzahl gebaut wurden. Und auch der Aspekt, welche Reaktortypen in welchen Ländern quasi zur Serienreife gebracht wurden ist von Belang, denn hierin spiegeln sich die nationalen wirtschaftlichen und politischen Strategien im Bezug auf Kernenergie. Allen dominanten Bautypen von Kernkraftwerken ist jedoch gemeinsam, dass sie bei der Energiegewinnung im Prinzip einem konventionellen thermischen Kraftwerk nachempfunden sind: Eine Wärmequelle wird zur Erhitzung von Flüssigkeit (Wasser, geschmolzenes Natrium) oder Gas (Kohlendioxid, Helium) genutzt. Mit diesem erhitzten und dadurch unter Druck gesetzten Stoff werden (entweder direkt oder über dazwischengeschaltete Sekundär- oder Tertiärkreisläufe) Dampfturbinen bewegt, die ihrerseits wiederum Generatoren zur Stromerzeugung antreiben.

Die Bezeichnungen der verschiedenen Reaktortypen richten sich im Wesentlichen nach der Art des Moderators und der Art der Wärmeübertragung. Beim Druck- und Siedewasserreaktor fehlt üblicherweise der Hinweis darauf, dass es sich beim Moderator um leichtes Wasser handelt. Beim Schwerwasserreaktor wird nur der Moderator benannt, da es sich hierbei üblicherweise um Druckwasserreaktoren

Matrix der Merkmale, nach denen Reaktortypen eingordnet werden können		
Kühlmittel	Moderator	Brennstoff
Leichtes Wasser (siedend oder nicht-siedend)	Leichtes Wasser	Natururan
Schweres Wasser (siedend oder nicht-siedend)	Schweres Wasser	Angereichertes Uran
Gas (Helium, CO ₂)	Grafit	MOX (Uran-Plutonium-Mischoxid)
Geschmolzene Feststoffe (Blei, Natrium, Salze)	Organische Stoffe	Thorium

handelt. Auch Grafit-Reaktoren wurden mit verschiedenen Systemen der Wärmeübertragung gebaut, auch hier kann die thermische Energie des Reaktors mit Flüssigkeit oder Gas abgeführt werden. Das ist gemeint, wenn von einem gasgekühlten, wassergekühlten oder natriumgekühlten Reaktor die Rede ist. Auch wenn das Kühlsystem eines Kernkraftwerks mehrere Kreisläufe beinhaltet, wird bei der Bezeichnung des Reaktortyps immer das primäre Kühlsystem benannt. Die Unterscheidung in Druckwasser- und Siedewasserreaktor ist gerade bei der Frage des Erhalts von besonderer Bedeutung, da im Druckwasserreaktor der radioaktiv belastete Anteil des Kraftwerksgebäudes auf den Reaktor beschränkt ist und nicht – wie beim Siedewasserreaktor – das Maschinenhaus miteinschließt.

Wenn vom Moderator des Reaktors gesprochen wird, so ist damit das Material gemeint, das im Reaktorkern zum Abbremsen von Neutronen verwendet wird. Zwar sind Kernspaltungen prinzipiell auch ohne Moderator möglich, so wird beispielsweise in Schnellen Reaktoren die Kettenreaktion mit schnellen, ungebremsten Neutronen aufrechterhalten.¹ Und auch bei der Zündung einer Kernspaltungs-Nuklearwaffe findet eine Kettenreaktion ohne Moderator statt – eben diesem Zweck entsprechend nicht kontinuierlich, sondern explosionsartig. Beim überwältigenden Anteil aller Kernreaktoren wird also ein Moderator verwendet, um die bei der Kernspaltung entstehende Neutronenstrahlung abzubremesen. Bei jedem Kernspaltungsvorgang werden schnelle Neutronen freigesetzt. Um diese Neutronen bei der Aufrechterhaltung der Kettenreaktion effizient zu nutzen, müssen sie abgebremst werden. Eine geringere Geschwindigkeit der Neutronen erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass beim Auftreffen des Neutrons auf einen weiteren Atomkern des Brennstoffs – Uran oder Plutonium² – eine nächste Kernspaltung eintritt.³

Grafit-moderierte Reaktoren, der Einfachheit halber als Grafitreaktoren bezeichnet, gehören zu den ersten gebauten Reaktoren. Für kommerzielle Zwecke und zur Produktion von waffenfähigem Plutonium wurden sie vor allem in Großbritannien und in Frankreich weiterentwickelt, in

beiden Ländern als gasgekühlte Reaktoren.⁴ In der Sowjetunion wurden auch grafitmoderierte Reaktoren mit Wasserkühlung entwickelt, zum Beispiel der im Kernkraftwerk Tschernobyl havarierte Reaktortyp RBMK-1000.⁵ Das am häufigsten verwendete Moderator-Material ist jedoch Wasser. Der sogenannte Schwerwasser-Reaktor hat den Vorteil, dass er sich mit nicht-angereichertem Uran betreiben lässt. Allerdings ist schweres Wasser nicht so einfach verfügbar wie leichtes Wasser und daher wesentlich teurer. „Schweres“ Wasser besteht aus Wassermolekülen mit dem massereichen Wasserstoff-Isotop Deuterium, in dessen Kern zusätzlich zum Proton des leichten Wasserstoffs noch ein Neutron enthalten ist.

„Leichtes“ Wasser ist im Normalfall einfach Wasser, H₂O. Der Leichtwasser-Reaktor – mit seinen beiden unterschiedlichen Bautypen Siede- und Druckwasserreaktor – ist bis heute der am weitesten verbreitete kommerziell genutzte Reaktortyp in Leistungskernkraftwerken.⁶

Der generelle Aufbau eines Kernkraftwerks soll hier anhand der beiden in Deutschland üblichen Typen Siede- und Druckwasser dargestellt werden, die aus folgenden Bauteilen bestehen: 1) Reaktorgebäude, 2) Maschinenhaus, 3) Hilfsanlagen- und Schaltanlagengebäude, 4) Reaktorhilfsanlagengebäude, 5) Notstromgebäude, 6) Fortluftkamin, 7) Verwaltungsgebäude, 8) Werkstattgebäude, 9) Haupt- und Nebenkühlwassersysteme, 10) Kühltürme,⁷ 11) Brennelemente-Zwischenlager (Abb. 1).⁸ Im Reaktorgebäude befindet sich der Reaktordruckbehälter, in dem sich wiederum der Reaktorkern befindet. Beim Siedewasserreaktor wird hier das Kühlmittel verdampft. Der Dampf wird direkt in das Maschinenhaus geleitet, wo damit Turbinen und Generatoren angetrieben werden. Beim Druckwasserreaktor steht das Wasser des primären Kühlkreislafs unter so starkem Druck, dass es nicht verdampfen kann.⁹ Es bewegt sich stattdessen vom Reaktordruckbehälter in die Dampferzeuger und von dort wieder zurück zum Reaktorkern. In den Dampferzeugern wird die Wärme des Primärkreislafs an einen sekundären Speisewasser-Dampf-Kreislauf übertragen. Von dort strömt Frischdampf zu den Turbinen und treibt diese

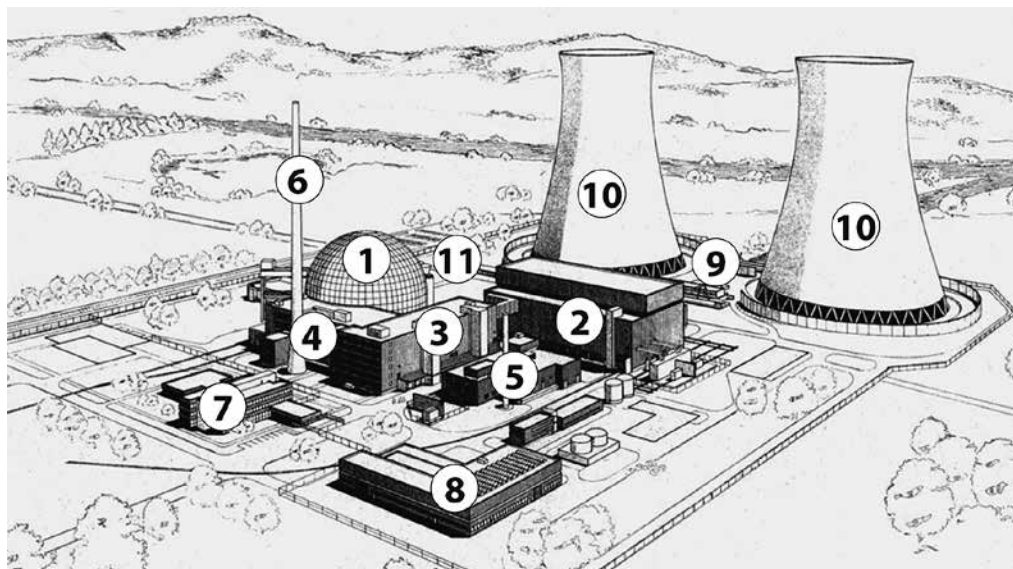


Abb. 1: Bauteile eines Leistungskernkraftwerks, schematische Darstellung eines KWU-Kraftwerks mit Druckwasserreaktor.

1) Reaktorgebäude [genauere Darstellung siehe Abb. 2]; 2) Maschinenhaus – enthält alle Systeme des Wasser-Dampf-Prozesses, Turbinen und Generatoren; 3) Hilfsanlagen- und Schaltanlagegebäude – enthält Warte, Eigenbedarfstransformatoren, Energie- und Leittechnik-Schaltanlagen; 4) Reaktorhilfsanlagegebäude – enthält Volumenregelsystem, Kühlmittelaufbereitung und -lagerung sowie Einrichtungen zur Behandlung der radioaktiven Abwässer, Chemielabor und Wäscherei; 5) Notstromgebäude – enthält Notstromdiesel des ersten Notstromnetzes samt Kältemaschinen, Hilfskesselanlage, Wasseraufbereitung und Garagen; 6) Fortluftkamin; 7) Verwaltungsgebäude; 8) Werkstattgebäude; 9) Haupt- und Nebenkühlwassersysteme; 10) Kühlturm; 11) Heutiger Standort des Brennelemente-Zwischenlagers – dies ist jedoch auf der Zeichnung nicht sichtbar. Die meisten Brennelemente-Zwischenlager wurden zeitlich später als die eigentlichen Kraftwerksanlagen errichtet.

an, sodass deren kinetische Energie in einem auf derselben Welle angeschlossenen Generator in elektrische Energie umgewandelt werden kann.

Die unterschiedlichen Prinzipien der Dampferzeugung haben wiederum unterschiedliche bauliche Ausprägungen gefunden. Beim Siedewasserreaktor enthält der obligatorische stählerne Sicherheitsbehälter – das sogenannte Containment – im Wesentlichen nur den Reaktordruckbehälter und bei späteren Entwicklungsstufen noch eine Kondensationskammer. Beim Druckwasserreaktor befinden sich im Containment auch noch Abklingbecken und der gesamte primäre Kühlkreislauf samt Dampferzeugern. Für Druckwasserreaktoren müssen daher typischerweise große Reaktorkuppeln gebaut werden.¹⁰ Das Containment soll dafür sorgen, dass im Falle einer Havarie keine radioaktiven Stoffe in die Atmosphäre gelangen. Es ist zum Schutz gegen mechanische Einwirkungen von außen von einer zweiten Schale umgeben, einer Betonkuppel oder einem Betonzylinder (Abb. 2).¹¹ Bei Siedewasserreaktoren und deren oftmals verhältnismäßig kleinen Containments besitzen die Reaktorgebäude in den meisten Fällen keine Kuppel- oder Zylinderform. Die Containments sind oft tief im Inneren eines meist kastenförmigen Reaktorgebäudes versteckt. Charakteristisch für Siedewasserreaktoren ist das direkt an das Reaktorgebäude angeschlossene Maschinenhaus – der Dampf soll aus dem Reaktor auf kürzestem Weg in die Turbine geleitet werden,

was der Effizienz und der Sicherheit geschuldet ist. Bei Druckwasserreaktoren werden die Maschinenhäuser durchaus auch separat von den Reaktorgebäuden erreicht, d.h. die auf Rohrbrücken geführten Frischdampf- und Speisewasserleitungen sind häufig von außen sichtbar.

Typischerweise werden bei thermischen Kraftwerken die einzelnen Einheiten der Wärmeerzeugung als Blöcke bezeichnet. Hierin unterscheiden sich Kernkraftwerke nicht von konventionellen Wärmekraftwerken. So wie Kohlekraftwerke können Kernkraftwerke auch mehrere Blöcke besitzen. Hierbei gilt je eine Reaktoranlage mit Hilfs- und Schaltanlagegebäude und Maschinenhaus als ein Block. Je nach Größe des Kraftwerks werden bis zu acht Blöcke betrieben, in Deutschland üblicherweise jedoch nur ein oder zwei. Eine Ausnahme hierbei ist das Kraftwerk Greifswald in Lubmin, Mecklenburg-Vorpommern, von dessen acht geplanten Blöcken immerhin fünf in Betrieb genommen wurden.

Kernkraftwerke sind aufgrund ihrer Größe und ihrer typischen Lage landschaftliche Objekte. Dabei hatte es in der Frühphase der Kernenergie in Deutschland Überlegungen gegeben, wie nah man Kernkraftwerke an Städte heran bauen kann. Abwägungen zwischen Sicherheit und Praktikabilität haben dazu geführt, dass sich Kernkraftwerke in Deutschland zwar nicht in unmittelbarer Nähe von großen Städten befinden, jedoch oft in der mittelbaren Umgebung von Metropolregionen stehen.¹² Die deutschen Kernkraft-

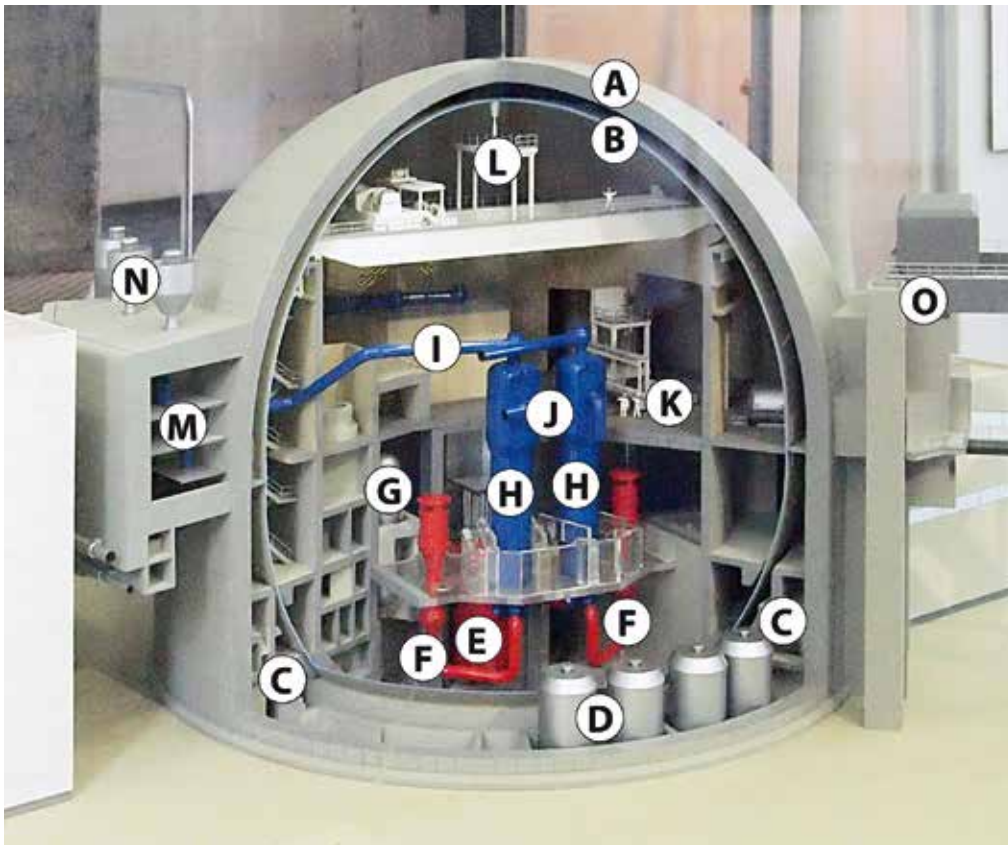


Abb. 2: Schnittmodell eines KWU-Reaktorgebäudes mit Druckwasserreaktor, Deutsches Museum München. Sphärischer innerer Sicherheitsbehälter (Containment) aus Stahl (B), zylindrische äußere Betonhülle (A), zwischen diesen beiden Schutzhüllen der für die (Vor-)Konvoi-Linie typische Ringraum (C) – enthält zentrale Komponenten der Not- und Zwischenkühlsysteme. Weitere Elemente: D) Flutbehälter für zwei Stränge des Notkühlsystems; E) Reaktordruckbehälter; F) Primärkreislauf und Hauptkühlmittelpumpen; G) Druckhalter respektive Druckhalter-Abblasebehälter; H) Dampferzeuger – hier zwei von insgesamt vier; I) Frischdampfleitungen; J) Speiswasserleitungen; K) Beckenflur mit der Brennelement-Lademaschine; L) Rundlauf-Schwerlastkran; M) Frischdampf- und Speiswasserarmaturenkammern; N) Schalldämpfergeschützte Auslässe der Frischdampf-Sicherheitsventile; O) Halbportal-Hubgerüst.

werke sind oft in der Gesellschaft kleinerer Ortschaften zu finden, nach denen sie auch meist benannt sind. Nähert man sich als Passant einem Kernkraftwerk, so mag der erste visuelle Eindruck von den imposanten Hochbauten geprägt sein. Beim direkten Kontakt in nächster Nähe bietet sich jedoch ein Bild von Zäunen, Wällen und weiteren Absperrrmechanismen. Zu den landschaftlichen Aspekten von Kernkraftwerken gehört nicht nur deren Wirkung im Landschaftsbild, sondern eben auch deren Fortifikation.¹²

Geschichte

Das für die Bauaufgabe Kernkraftwerk spezifische Element, der Kernreaktor, hat seinen Ursprung rund ein Jahrzehnt vor der ersten nuklearen Stromerzeugung. Für die Erprobung einer kontinuierlichen Kettenreaktion errichtete das Metallurgical Laboratory der University of Chicago unter der Tribüne des Football-Stadions Stagg Field 1942 den *Chicago Pile 1*, eine kritische Anordnung aus Grafitblöcken und

nicht-angereichertem Uran sowie Uranoxid. Dieser „Stapel“ (pile) war baulich nicht weiter gefasst.

Und auch beim ersten Reaktor, für den ein eigenes Gebäude errichtet wurde, handelt es sich um kein Kraftwerk, sondern in diesem Fall um einen Reaktor für die Erzeugung von waffenfähigem Plutonium: Der *X-10 Graphite Reactor* des National Laboratory in Bethel Valley nahe Oak Ridge, Tennessee entstand 1943–1944 im Rahmen des *Manhattan Projects* und war in einem einfach gestalteten Satteldachbau untergebracht (Abb. 3). Die Höhe des Reaktor-Quaders erforderte ein Gebäude, das einer hohen Scheune oder einer kleinen Fabrikhalle ähnelte. Ein hoher Abluftkamin wies das Gebäude eindeutig als Industriebauwerk aus. Heute gehört das Gebäude des *X-10 Graphite Reactor* zum *Manhattan Project National Historical Park*, es ist seit 1965 *National Historic Landmark* der USA. Der erste Reaktor, bei dem eine Anlage zur Stromerzeugung mit eingeplant wurde, entstand 1949–1950 ebenfalls im militärischen Kontext: Der *Experimental Breeder Reactor 1* nahe Arco, Idaho war in der Lage, den Strombedarf seines eigenen Betriebsgebäudes



Abb. 3: Gebäude des X-10 Graphite Reactor in Oak Ridge, Tennessee, USA, 1943–1944, Aufnahme 1950.



Abb. 4: Gebäude des Experimental Breeder Reactor, National Reactor Testing Station, Idaho Falls, Idaho, USA, 1950–1951.

zu decken. Ein modernistisch gestaltetes Ziegelgebäude mit geraden Linien, flachen Dächern und klarer Kubatur beherbergt den Reaktor (Abb. 4). Auch diese Einrichtung wurde zum *National Historic Landmark* erklärt.

Stromerzeugung als primäre Aufgabe wurde das erste Mal beim Kernkraftwerk Obninsk im Oblast Kaluga nahe Moskau realisiert. Die 1951–1954 errichtete Anlage hatte eine Nettoleistung von rund fünf Megawatt und verwendete einen wassergekühlten Grafitreaktor. Bemerkenswert am Kraftwerksgebäude¹⁴ ist die Gestaltung im Stil des sozialistischen Klassizismus. Mit ihren Gesimsen und Pilastern sind die Gebäude klar als Bauten des „stalinistischen Zuckerbäckerstils“ zu identifizieren (Abb. 5). Eine futuristische Science-Fiction-Ästhetik, die heute als Kennzeichen des *atomic age* gilt, ist in Obninsk nirgends zu finden. Kernenergie wurde hierbei – zumindest ästhetisch – nicht etwa als optimistischer Vorbote einer High-Tech-Zukunft verhandelt,



Abb. 5: Kernkraftwerk Obninsk, Oblast Kaluga, Russland, 1951–1954

sondern als die Angelegenheit eines historisch legitimierten Imperiums dargestellt. Aktuell ist geplant, hier nach der Entfernung aller radioaktiv belasteten Materialien ein Museum einzurichten.

Das Gebäude des Forschungsreaktors München, das sogenannte *Atom-Ei* in Garching, steht zwar unter Denkmalschutz, und seine Silhouette ist Teil des Wappens der Stadt Garching, jedoch besteht kein funktionaler Zusammenhang zwischen der prominenten Gebäudekuppel und dem ehemals dort befindlichen Reaktor. Mit Gerhard Weber war ein namhafter Architekt für die Gestaltung des 1956–1957 errichteten Gebäudes verantwortlich. Wie bei den ganz frühen Kernreaktoren handelt es sich beim Forschungsreaktor München nicht um ein Kraftwerk, sondern um einen reinen Forschungsreaktor, dessen thermische Leistung von vier Megawatt nicht in Elektrizität umwandelt wurde. Abgesehen von der futuristischen, mit Aluminium eingedeckten Betonkuppel zeichnet sich das Gebäude zudem als elegantes Beispiel einer sachlichen Nachkriegsmode aus (Abb. 6).

Calder Hall Nuclear Power Station, zugehörig zum Komplex Sellafield in Großbritannien, wird oft als erstes kommerzielles *full scale* Kernkraftwerk bezeichnet, da es mit seiner Leistung von mehreren hundert Megawatt in der Größenordnung vergleichbarer konventioneller Kraftwerke lag. Dessen vollständige Bezeichnung *Pressurised Pile Producing Power and Plutonium* deutet allerdings auch auf die Doppelfunktion zur Produktion von Strom und waffenfähigem Spaltmaterial hin. Es wurde 1953–1956 gebaut und war mit vier gasgeköhlten Grafitreaktoren und vier großen Kühltürmen ausgestattet. Der in Großbritannien in der Folgezeit weiterentwickelte Grafitreakortyp *Magnox* besitzt – anders als ein typischer Leichtwasserreaktor – kein kugelförmiges oder zylindrisches Containment. Dementsprechend wurden diese Reaktorgebäude als hochformatige, rechtwinklige Kästen errichtet (Abb. 7).¹⁵



Abb. 6: Gerhard Weber, Gebäude des Forschungsreaktors München, Garching, Bayern, genannt Atom-Ei, 1956–1957.

Bei dem ersten nicht-staatlichen Kernkraftwerk handelt es sich um das *Vallecitos Nuclear Center* in Alameda County, Kalifornien. General Electric (GE) errichtete hier 1956–1957 einen Siedewasserreaktor, dessen Typ in der Folge zum kommerziellen Produkt weiterentwickelt wurde. Der GE-BWR (*General Electric Boiling Water Reactor*) wurde in mehre-



Abb. 8: Vallecitos Nuclear Center, Alameda County, Kalifornien, USA, 1956–1957.

ren Varianten an mehreren Standorten weltweit verwendet.¹⁶ In Vallecitos steht mit dem GE-BWR der Urtyp des hohen, zylindrischen, mit einer Kuppel gedeckten Reaktorgebäudes.¹⁷ Hier konstruierte man einen hohen, von einer Kuppel gedeckten Metallzylinder (Abb. 8). Lizenznachbauten des GE-BWR wurden auch in Deutschland errichtet, zum Beispiel 1958–1961 das Versuchskraftwerk Kahl bei Großweilheim, Bayern und 1962–1967 der Block A des Kraftwerks Gundremmingen im Landkreis Günzburg, ebenfalls in Bayern. Das Versuchskraftwerk Kahl ist mittlerweile komplett verschwunden, in Gundremmingen ist die Kuppel des alten havarierten Siedewasserreaktors heute noch erhalten.¹⁸

An dieser Stelle sei auf die besondere Beziehung zwischen den USA und der BRD bei der Entwicklung von Kern-



Abb. 7: Calder Hall Nuclear Power Station, Sellafield, Großbritannien, 1953–1956.



Abb. 9: Yankee Rowe Nuclear Power Station, Franklin County, Massachusetts, USA, 1957–1960.

kraftwerken hingewiesen. Im Regelfall haben nämlich die Länder, die ein eigenes Atomwaffenprogramm hatten, auch eine eigene Kraftwerksentwicklung vorangetrieben – USA, Großbritannien, Frankreich, Sowjetunion. Die Länder, die zwar Kernenergie nutzen, aber kein eigenes Entwicklungsprogramm besitzen, haben in der Regel Lizenzbauten aus einem der voran genannten Staaten errichtet oder sogar quasi schlüsselfertige Anlagen gebaut bekommen. Ein Beispiel hierfür ist der oben genannte GE-BWR. Die Sonderstellung Deutschlands besteht darin, dass Deutschland keine Atommacht ist, dennoch eigene Reaktortypen entwickelt hat.¹⁹ Von diesen Eigenentwicklungen waren drei Vorhaben komplett eigenständige Projekte: ein Schwerwasserreaktor, der Schnelle Brüter und der Thorium-Hochtemperaturreaktor. Zwei weitere Reaktortypen basierten hingegen auf in den USA entwickelten Leichtwasserreaktoren. Während von der AEG die schon seit langem bestehende Beziehung zu GE genutzt wurde, um auf Basis des GE-BWR einen eigenen Siedewasserreaktor zu entwickeln, konzentrierte sich Siemens auf die Entwicklung von Druckwasserreaktoren, aufbauend auf dem in den USA von Westinghouse produzierten Anlagen.²⁰

Der Typ des Druckwasserreaktors hat seinen Ausgangspunkt in der Entwicklung für nukleare Schiffs- respektive Unterseebootantriebe, wurde jedoch von Westinghouse bereits 1957 für den Betrieb des Kernkraftwerks Shippingport in Beaver County, Pennsylvania kommerziell eingesetzt. Beim Bau des Kernkraftwerks Yankee Rowe in Franklin County, Massachusetts, 1957–1960, wurde ein großer sphärischer Stahltank als Containment eingesetzt, ähnlich dem als *Horton Sphere* bekannten Bauteil chemischer Anlagen

(Abb. 9). Das Kraftwerk Yankee Rowe wurde zum Vorbild für das erste Leistungskernkraftwerk mit einem Druckwasserreaktor in Deutschland, dem KKW Obrigheim, erbaut 1965–1969 im Neckar-Odenwald-Kreis, in Baden-Württemberg.²¹ Eine dritte privatwirtschaftliche Entwicklung von Druckwasserreaktoren wurde in den USA von Babcock & Wilcox unternommen, und auch in Deutschland war die Firma Deutsche Babcock am Bau eines Kernkraftwerks beteiligt (Mülheim-Kärlich nahe Koblenz in Rheinland-Pfalz).²² Basierend auf den Typen von GE und Westinghouse entwickelten AEG und Siemens in Deutschland eigene Reaktortypen, die in der Folge die Leistung ihrer US-Amerikanischen Vorbilder weit übertrafen. Als Moment der Emanzipierung der Deutschen Kernkraftwerks-Entwicklung kann der Bau des Kraftwerks Biblis betrachtet werden, 1970–1976. Zu diesem Zeitpunkt hatten Siemens und AEG bereits eine gemeinsame Gesellschaft namens Kraftwerk Union (KWU) ins Leben gerufen, die in der Folgezeit die beiden Typen von Leichtwasserreaktoren weiterentwickelte. Biblis besaß zum Zeitpunkt seiner Inbetriebnahme die leistungsstärksten Kernreaktoren der Welt und wies mit seinen großen betonsichtigen Reaktorkuppeln und Kühltürmen das ikonenhafte Bild eines Kernkraftwerks auf. Zu den von der KWU entwickelten Reaktoren gehören die Siedewasserreaktoren der Baulinien 69 und 72 sowie die Druckwasserreaktoren der sogenannten Vor-Konvoi- und Konvoi-Baulinie. So sind es die Reaktorkuppeln der Vor-Konvoi-Baulinie (Grafenrheinfeld, Philippsburg 2, Grohnde, Brokdorf) und Konvoi-Baulinie (Isar 2, Emsland, Neckarwestheim 2) – und zu einem geringeren Maße auch die kastenförmigen Reaktorgebäude der Baulinie 69 (Brunsbüttel, Krümmel, Isar 1, Philippsburg 1) – die vermutlich die



Abb. 10: Kernkraftwerk Isar in Ohu, Niederbayern, hinten Block 1 Siedewasserreaktor Baulinie 69, 1971–1979, vorne Block 2, Druckwasserreaktor Baulinie Konvoi, 1982–1988.

in Deutschland verbreitete Vorstellung davon geprägt haben, wie ein Kernkraftwerk aussieht (Abb. 10).

In beiden ostdeutschen Kernkraftwerke, Rheinsberg und Greifswald/Lubmin, wurden Druckwasserreaktoren des Typs WWR installiert. Dabei handelte es sich um eine Entwicklung aus der Sowjetunion, die auch für das geplante Kernkraftwerk in Stendal vorgesehen war. Neuere WWR-Reaktoren der dritten Generation besitzen ebenfalls kupelartige oder zylindrische Reaktorgebäude, die Reaktoren der ersten und zweiten Generation – wie in Rheinsberg und Greifswald/Lubmin – erhielten jedoch relativ einfache kastenförmige Einhausungen. Das auffälligste Element der Anlage in Lubmin ist das spektakuläre, etwa 1,2 Kilometer lange Maschinenhaus, das als durchgehender Riegel die Gesamtanlage strukturiert (Abb. 11).

Der im vorliegenden Artikel gegebene Überblick über die Kernkraftwerks-Baugeschichte ist bis zu diesem Punkt fast ganz ohne den Bezug zu den entwerfenden Personen ausgekommen. Doch auch bei solchen reinen Ingenieursbauwerken haben Planer und Planerinnen Entwurfsarbeit geleistet, die Teil des planungsgeschichtlichen Kulturerbes ist. Die Untersuchung, inwieweit auch bildliche Vorstellungen die Arbeit der Kraftwerksplaner/innen beeinflusst haben, also inwieweit die Gestaltung der Kraftwerke über das rein funktionale hinausging, steht noch aus. Dass historisch eine Inszenierung von Kernkraftwerken – als Prestigeobjekte – existierte, ist jedoch ein deutlicher Hinweis darauf, dass Ästhetik auch bei der Planung von Kernkraftwerken immer eine Rolle gespielt hat. Vergleicht man die Kraftwerksbauten mit ihrer zeitgenössischen Baukunst, so wird offensichtlich, dass die Kraftwerke auch immer Teil eines architektonischen Zeitgeistes waren. Noch evidenter ist der Bezug zwischen Kernkraft und Baukunst in Frankreich. Bekannt sind die Entwürfe von Claude Parent und Paul Andreu.²³ Mit Andreu war quasi ein staatstragender Architekt für die Planung der *Centrale nucléaire de Cruas*, 1975–1985, beauftragt worden. Das prominenteste Beispiel dürfte der Architekt Pierre Dufau sein, der die *Centrale nucléaire de Chinon* plante. Für die Umhausung des *Reacteur A1*, 1957–1963, entwarf Dufau eine Metallkugel, die nicht wie Bauteil einer Chemiefabrik wirkt, wie es bei den Reaktoren von Yankee Rowe oder Dounreay der Fall ist. Stattdessen gibt sich die Dufaus Kugel mit ihrer ununterbrochenen, glatten Oberfläche eindeutig als gestaltetes Objekt einer futuristischen Science-Fiction-Ästhetik zu erkennen (Abb. 12). Ästhetisch hat der Reaktor *la Boule* in Chinon wenig mit seinen zeitgenössischen Kernreaktoren gemeinsam, dafür umso mehr mit dem Brüsseler *Atomium* der Weltausstellung Expo 58.

Es würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, über die Rezeption von Kernkraftwerken in Kunst und Kultur



Abb. 11: Kernkraftwerk Greifswald, Lubmin, Mecklenburg-Vorpommern, 1967–1990.

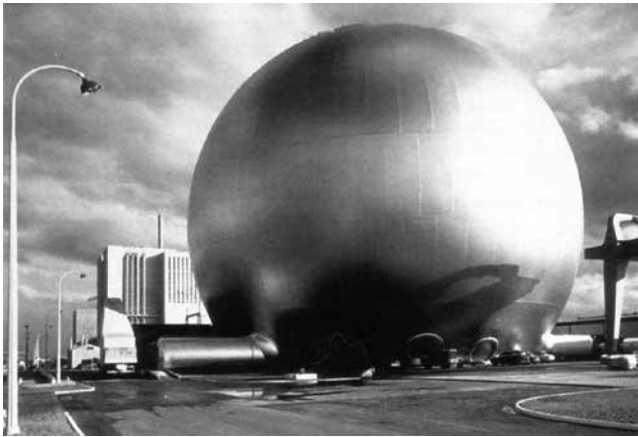


Abb. 12: Pierre Dufau, Reaktor A1 des Centrale nucléaire de Chinon, nahe Avoine (Indre-et-Loire), Frankreich, 1957–1963.



Abb. 13: Mia Grau und Andree Weissert: Atomteller, hier Kernkraftwerk Philippsburg.

zu schreiben. Als Ausblick auf für den Forschungsstand sollen an dieser Stelle nur stellvertretend folgende Beispiele genannt werden: fotografische Arbeiten von Thorsten Klapsch²⁴ und das in dem vorliegenden Band vorgestellte Projekt von Bernhard Ludewig, der Dokumentarfilm *Unter Kontrolle* (2011) von Volker Sattel sowie die Betrachtung der kulturell-visuellen (Ko-)Produktion der Kernenergie²⁵ von Anna Veronika Wendland. Die Wirkung der Kraftwerksbauten in der Landschaft kann als erhaben oder als verschandelnd, die technische Natur der Anlagen als Entfremdung oder als Triumph dargestellt werden. Begonnen bei der euphorischen Repräsentation von Kernenergie in den 1950er Jahren über die kritischen Darstellungen seit der 1970er Jahre ist die Frage nach Kernkraft und Ästhetik immer ein weites Feld. Es kann jedoch gesagt werden, dass nach der Phase der Euphorie und nach der Phase der Ablehnung nun auch in der ästhetischen Rezeption eine Phase der Historisierung eingesetzt hat. Ein weiteres Beispiel hierfür ist das Projekt der *Atomteller* von Mia Grau und Andree Weissert: Die in Delfter Bau gemalten Darstellungen der Deutschen Kernkraftwerke auf Porzellantellern orientieren sich eindeutig an historischen Stücken von Fayence-Ware (Abb. 13). Der Reiz des Projekts liegt im Kontrast zwischen der nostalgisch-lieblichen Anmutung der Dekoteller und dem industriell-unheimlichen und potenziell bedrohlichen Wesen der abgebildeten Kraftwerke. Bemerkenswert hieran ist vor allem, dass der konzeptuelle Twist um den anheimelnden Charakter der Atomteller stärker im Vordergrund steht als eine plakative Kritik. Dies ist ein Zeichen dafür, dass sich die Bedeutung der Kernkraft gerade wandelt.²⁶ Waren die Debatten der Vergangenheit überschattet vom Zwang zur Positionierung, pro oder contra, so beginnt

gerade eine differenzierte Auseinandersetzung. Auch die Atomteller können als Hinweis auf den Denkmalwert von Kernkraftwerken verstanden werden.

Literatur

- Wilfried FELDENKIRCHEN, Die Beziehungen zwischen Siemens und Westinghouse von den Anfängen bis zur Gegenwart, in: Michael WALA (Hrsg.), *Gesellschaft und Diplomatie im transatlantischen Kontext: Festschrift für Reinhard R. Doerries zum 65. Geburtstag* (Usa-Studien, Band 11), Stuttgart 1999, S. 329–344.
- Gabrielle HECHT und Michel CALLON, *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*, Cambridge, Mass 2009.
- Susanne HILGER, „Amerikanisierung“ deutscher Unternehmen: Wettbewerbsstrategien und Unternehmenspolitik bei Henkel, Siemens und Daimler-Benz (1945/49–1975), Stuttgart 2004.
- Thorsten KLAPSCH, *Atomkraft*, Mannheim 2012.
- Christian KÜPPERS und Christoph PISTNER, Funktionsweise – Von Kernreaktoren und Reaktorkonzepten, in: Julia Mareike NELES und Christoph PISTNER (Hrsg.), *Kernenergie – Eine Technik für die Zukunft?* Darmstadt 2012, S. 63–89.
- Paul LAUFS, *Reaktorsicherheit für Leistungskernkraftwerke: die Entwicklung im politischen und technischen Umfeld der Bundesrepublik Deutschland*, Heidelberg 2013.
- Claude PARENT, *Les maisons de l'atome*, Paris 1983.
- Christoph PISTNER, *Energie der Kerne – Physikalische Grundlagen der Kernenergienutzung*. In: Julia Mareike

- NELES und Christoph PISTNER (Hrsg.), *Kernenergie – Eine Technik für die Zukunft?* Darmstadt 2012, S. 21–39.
- Joachim RADKAU, *Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945–1975: verdrängte Alternativen in der Kerntechnik und der Ursprung der nuklearen Kontroverse*, Reinbek bei Hamburg 1983.
- Joachim RADKAU und Lothar HAHN, *Aufstieg und Fall der deutschen Atomwirtschaft*, München 2013.
- Karl STRAUSS, *Wärme- und Atomkraftwerke: Von den Anfängen im 19. Jahrhundert bis zur Endphase ihrer Entwicklung*, Berlin 2016.
- Kevin THERIAULT, *Boiling Water Reactors*, in: Kenneth D. Kok (Hrsg.), *Nuclear Engineering Handbook*, Second Edition, Boca Raton 2016, S. 87–139.
- Anna Veronika WENDLAND, *Tschernobyl: (K)eine visuelle Geschichte. Nukleare Bilderwelten in der Sowjetunion und ihren Nachfolgestaaten*, in: Melanie Arndt (Hrsg.), *Politik und Gesellschaft nach Tschernobyl*, Berlin 2016, S. 182–210.
- Anna Veronika WENDLAND, *Reaktorsicherheit als Zukunftskommunikation. Nuklearpolitik, Atomdebatten und kerntechnische Entwicklungen in Westdeutschland und Osteuropa 1970–2015*, in: Christoph KAMPMANN, Angela MARCINIAK, Wencke METELING, „Security turns its eye exclusively to the future“. *Zum Verhältnis von Sicherheit und Zukunft in der Geschichte*, Baden-Baden 2018, S. 305–352.

Abstract

Nuclear Power Plants

Construction Task, Building Types, History

In order to be able to talk about nuclear power plants as objects of architectural history, knowledge of the existing artefacts is necessary. In all buildings erected for nuclear energy, however, the general understanding of the buildings is closely connected with the actual nuclear technology. The vocabulary used to describe nuclear installations lies far beyond the language of monument preservation, and a certain familiarity with the basic concepts of nuclear technology is indispensable for discussing the monument value of nuclear power plants. However, it would be absurd if any reflection on nuclear power plants were preceded by a special course on nuclear technology. The aim of this article is therefore not to deal with the power plant structures in detail, but rather to provide an introduction to the topic. The presentation of the construction task and the construction types is a cursory overview. Construction types of nuclear power plants are generally classified according to the different types of nuclear reactors, which is why the distinguishing features for reactor types are briefly presented. Today it can be said that the nuclear power plant with light water reactor has established itself as the most common construction type. However, a large number of reactor types have been tested and even a number of types have been further developed for commercial operation. The two types of light water reactors are of particular relevance for the history of nuclear energy in Germany: pressurised water reactors and boiling water reactors.

The rapid pace of its development is particularly remarkable about the nuclear power plant as construction task and its history. Only a few decades passed between the first artificial continuous chain reaction and full-size power plants. The leaps between the individual development stages were correspondingly large. The first experimental reactors were built in the 1940s; a proof-of-concept for nuclear power generation followed in 1951. The first electricity from nuclear energy was fed into a public grid in 1954; by 1956 the block sizes had grown to about 50 MW. In 1957, the first privately constructed nuclear power plant was connected to the grid; during the 1960s, the unit sizes grew to over 1,000 MW.

This article concentrates on the development context of the light water reactors commonly used in Western Germany, the development of which was closely linked to the development of pressurised and boiling water reactors in the USA. Relevant for the history of nuclear power is also its aesthetics and the history of the reception of power plant structures. The complexity of this subject area cannot be taken into account in the context of this article. One example from the field of current artistic reception will therefore serve as a representative of this topic, which is also highlighted in this article.

- ¹ Bei der Bezeichnung der Neutronen wird zwischen schnellen und thermischen Neutronen unterschieden. Beide Bezeichnungen verweisen auf die Energie der Neutronen, da sich deren kinetische Energie auch als Wärmeenergie ausdrücken lässt. Entspricht die Energie der Neutronen der Wärme der umgebenden Moleküle, so spricht man von thermischen Neutronen. Entsprechend der Einordnung der Neutronen können auch die Reaktoren je nach Verwendung bezeichnet werden – als schnelle Reaktoren oder als thermische Reaktoren.
- ² Im Falle eines mit Thorium betriebenen Reaktors wird Thorium kurzzeitig in ein Uran-Isotop umgewandelt, weswegen an der eigentlichen Kernspaltung auch wieder Uran beteiligt ist, obwohl der Brennstoff Thorium heißt. Siehe KÜPPERS, PISTNER, Funktionsweise, 2012, S. 83 ff.
- ³ PISTNER, Energie der Kerne, 2012, S. 34 ff.
- ⁴ HECHT, CALLON, The Radiance of France, 2009, S. 271 ff.
- ⁵ In der Sowjetunion wurden sowohl Leichtwasserreaktoren als auch Graphitreaktoren entwickelt.
- ⁶ Bei den in Deutschland errichteten Anlagen handelt es sich bis auf zwei Ausnahmen um Kraftwerke mit Leichtwasser-Reaktoren. Die beiden Ausnahmen sind folgende: Der Thorium-Hochtemperaturreaktor in Hamm-Uentrop verwendete als Kühlmittel Helium und als Moderator Graphit. Der Schnelle Brüter in Kalkar verwendete als Kühlmittel flüssiges Natrium und besaß keinen Moderator – daher der Name Schneller Brüter. Siehe KÜPPERS, PISTNER, ebd., S. 76 ff.
- ⁷ Kühltürme können bei allen thermischen Kraftwerken – konventionell oder nuklear – je nach Standort und Verbindung zu einem Gewässer notwendig sein. Dennoch sind in der Geschichte der Kernenergie Kühltürme und Kernkraftwerke eng miteinander verbunden.
- ⁸ Weitere Elemente, wie etwas Kühlwasserein- und -auslauf oder Transformatorenanlage sind in der Abb. 1 nicht klar erkennbar und wurden daher von dieser Aufzählung ausgenommen.
- ⁹ In einem Druckwasserreaktor deutscher Bauart beträgt der Primärkreis-Betriebsdruck 156 bar (15,6 MPa), die mittlere Kühlmitteltemperatur liegt bei 310 Grad Celsius, der Frischdampfdruck im Sekundärkreislauf liegt bei rund 66 bar, die FD-Temperatur bei 283 Grad Celsius.
- ¹⁰ Eine ausführliche Darstellung der Entwicklung der Containmentkonzepte für Leichtwasserreaktoren siehe LAUFS, Reaktorsicherheit, 2013, S. 275 ff.
- ¹¹ Es wurden auch Mischformen gebaut, wie bei den sowjetischen VVER-1000-Blöcken, wo eine vorgespannte Stahlbeton-Konstruktion die beiden Funktionen vereint.
- ¹² LAUFS, ebd., S. 273 ff.
- ¹³ Diese sind durchaus typisch für die deutschen Anlagen der 1980er Jahre, die man gegen Terrorismus und Demonstranten abschirmen wollte. Zur selben Zeit wurden kerntechnische Anlagen in anderen Ländern wesentlich weniger aufwendig gesichert.
- ¹⁴ Einer Schnittdarstellung der Anlage lässt sich entnehmen, dass alle Funktionen des Kraftwerks – einschließlich Reaktor und Stromerzeugung – in einem einer Basilika ähnlichen „dreischiffigen“ Gebäude untergebracht wurden. Siehe: <http://www.aes1.ru/schema> (abgerufen am 04.04.2018).
- ¹⁵ Das Bild des sphärischen Reaktorgebäudes trifft in Großbritannien nur auf den Dounreay Fast Breeder Reactor (1959) und den Druckwasserreaktor Block B des Kernkraftwerk Sizewell (1988–1995) zu.
- ¹⁶ THERIAULT, Boiling Water Reactors, 2016 S. 87 ff.
- ¹⁷ LAUFS, ebd., 2013, S. 318.
- ¹⁸ Bei den in Deutschland errichteten Siedewasserreaktoren nach Bauweise des GE-BWR sind die Containments von einem Betonmantel umgeben, der ohne Zwischenraum direkt auf dem Metall der Schale des Sicherheitsbehälters sitzt. Siehe LAUFS, ebd., S. 344.
- ¹⁹ RADKAU, Aufstieg und Krise, 1983, S. 262 ff.
- ²⁰ STRAUSS, Wärmekraftwerke, 2016, S. 197 ff.
- ²¹ FELDENKIRCHEN, Die Beziehungen zwischen Siemens und Westinghouse, 1999, S. 340 f.
- ²² HILGER, „Amerikanisierung“ deutscher Unternehmen, 2004, S. 250.
- ²³ Parents Anspruch bezog sich insbesondere auf die Gestaltung des Verhältnisses von großen Mehrblock-Anlagen zu der sie umgebenden Landschaft. Beispiele hierfür sind die Entwürfe für Chooz und Cattenom. Siehe PARENT, Les maisons de l'atome, 1983, S. 82, 108.
- ²⁴ KLAPSCH, Atomkraft, 2012.
- ²⁵ WENDLAND, Tschernobyl, 2016.
- ²⁶ Das hat auch damit zu tun, dass man in Deutschland nach dem Abwicklungsbeschluss mit dem Historisieren sehr rasch beginnen konnte. Siehe RADKAU, HAHN, Aufstieg und Fall, 2013, sowie WENDLAND, Reaktorsicherheit als Zukunftskommunikation, 2018.

Stilllegung und Rückbau von Kernkraftwerken in Deutschland

Ralf Borchardt

In Deutschland fallen unter den Begriff „kerntechnische Anlage“ alle nach dem Atomgesetz genehmigten Anlagen. Diese sind zum einen kommerzielle Kernkraftwerke zur Stromerzeugung sowie Forschungsreaktoren an Universitäten oder Forschungsinstituten. Zum anderen Einrichtungen zur nuklearen Versorgung (zum Beispiel Uran-Anreicherungsanlagen und Brennelementefabriken), Zwischenlagerung und Entsorgung (zum Beispiel Wiederaufarbeitungsanlagen und Bearbeitungszentren). Am 31. Oktober 1957 ging mit dem Forschungsreaktor München (FRM) die erste kerntechnische Anlage Deutschlands in Betrieb. 6 Wochen später, am 16. Dezember 1957, folgte der Rossendorfer Forschungsreaktor. Damit war er die erste kerntechnische Anlage der DDR und nach dem Forschungsreaktor München die zweite in Gesamtdeutschland. Zwischen 1957 und 2004 wurden in Deutschland etwa 110 kerntechnische Anlagen in Betrieb genommen.¹

Die ersten Kernkraftwerke in Deutschland, bei denen die Gewinnung elektrischer Energie aus Kernenergie durch kontrollierte Kernspaltung (Fission) im Vordergrund standen, waren das Versuchsatomkraftwerk Kahl mit einer elektrischen Bruttoleistung von 16 MW (kommerzieller Leistungsbetrieb ab 01.02.1962) und das Kernkraftwerk Rheinsberg mit einer elektrischen Bruttoleistung von 70 MW (kommerzieller Leistungsbetrieb ab 11.10.1966). Unmittelbar danach folgten der Mehrzweckforschungsreaktor Karlsruhe und das Kernkraftwerk Gundremmingen Block A. Vorrangig wurden in Deutschland kommerzielle Leistungsreaktoren nachfolgender Bauarten in Betrieb genommen:

- Druckwasserreaktoren (DWR)/(engl.: pressurized water reactor – PWR)
- Siedewasserreaktoren (SWR)/(engl.: boiled water reactor – BWR)
- Hochtemperaturreaktor (HTR)/(engl.: high temperature reactor – HTR)

Der *Druckwasserreaktor* ist ein Kernreaktor-Typ, bei dem Leichtwasser als Moderator und Kühlmittel dient. Der Betriebsdruck des Wassers wird anders als beim Siedewasserreaktor so hoch gewählt, dass es bei der vorgesehenen Betriebstemperatur nicht siedet. Das im Reaktorkern erhitzte Wasser (Primärkreislauf) gibt in einem Dampferzeuger seine Wärme an einen getrennten Wasser-Dampf-Kreislauf ab, den Sekundärkreislauf. Der Dampf ist frei von Radioaktivität aus Abrieb und Korrosionsprodukten, was beispiels-

weise die Wartung der Dampfturbine wesentlich erleichtert. Er treibt die Turbine an, ein Generator wandelt die, von der Turbine gelieferte Energie in elektrischen Strom um. Der entspannte Wasserdampf wird durch Kühlwasser im Kondensator verflüssigt und wieder dem Kreislauf zugeführt.²

Der *Siedewasserreaktor* (SWR) ist ebenfalls ein Leichtwasser-Kernreaktor zur Stromerzeugung in Kraftwerken, bei dem Wasser als Moderator und Kühlmittel dient. Im Gegensatz zum DWR mit Primär- und Sekundärkreislauf verfügt der SWR nur über einen einzigen Dampf-Wasser-Kreislauf. Der Reaktordruckbehälter ist zu ungefähr zwei Dritteln mit Wasser gefüllt. Durch die bei der Kernspaltung entstehende Wärme und dem vorhandenen geringeren Druck verdampft das Wasser im Reaktordruckbehälter. Dieser radioaktiv belastete Dampf treibt dann die Turbine an. Ein Generator wandelt die von der Turbine gelieferte Energie in elektrischen Strom um. Der entspannte Wasserdampf wird durch Kühlwasser im Kondensator verflüssigt und wieder dem Kreislauf zugeführt.³

Als *Hochtemperaturreaktor* (HTR) werden Kernreaktoren bezeichnet, die wesentlich höhere Arbeitstemperaturen ermöglichen als andere bekannte Reaktortypen. Erreicht wird dies durch die Verwendung eines gasförmigen Kühlmittels und keramischer statt metallischer Werkstoffe im Reaktorkern (beispielsweise Graphit als Moderator).⁴

Schon parallel zur Errichtung und Inbetriebnahme der letzten kommerziellen Kernkraftwerke in Deutschland, Ende der achtziger Jahre, wurde mit der Stilllegung von kerntechnischen Anlagen begonnen. So wurde das Kernkraftwerk Niederaichbach von 1987 bis 1995 als erstes europäisches Kernkraftwerk vollständig bis zur „grünen Wiese“ zurückgebaut. Auch das Kernkraftwerk Gundremmingen Block A (KGG-A) war seit 1983 im Stilllegungs- und Abbauprozess. Der Rückbau des Reaktors wurde 2005 abgeschlossen. Das Kernkraftwerk Kahl (VAK), das erste deutsche kommerzielle Kernkraftwerk, wurde 1985 nach 25 Betriebsjahren abgeschaltet und von 1986 bis 2010 vollständig zurückgebaut. Der ebenfalls auf der Gemarkung Karlstein am Main befindliche Heißdampfreaktor Großwelzheim (HDR) wurde nach nur kurzer Betriebsdauer 1971 abgeschaltet und im Jahre 1998 abgerissen. Zum Jahresende 1990 befanden sich in Deutschland 21 Kernkraftwerke in Betrieb, 15 waren bereits abgeschaltet oder befanden sich im Rückbau.

Mit dem Abschalten der Kernkraftwerke Greifswald (KGR) und Rheinsberg (KKR) im Jahr 1990 mussten die

Stilllegungs- und Rückbauprozesse, welche zuvor überwiegend zum Test und zur Qualifizierung von Rückbaustrategien und Zerlegeverfahren genutzt worden waren, unter kommerziellen Randbedingungen im industriellen Maßstab angewendet werden. Mit den hier gemachten Erfahrungen und den in den folgenden Jahren gewonnenen Erkenntnissen aus dem Abbau der Kernkraftwerke Würgassen (KWW), Stade (KKS) und Obrigheim (KWO) verfügt die Bundesrepublik Deutschland über einen einmaligen Erfahrungsschatz im Rückbau von Leistungsreaktoren. Dieses Wissen wurde verstärkt durch den Rückbau zahlreicher Forschungsreaktoren an den Standorten Karlsruhe, Jülich und Rossendorf. Durch die laufenden Stilllegungs- und Abbauprozesse der acht im Jahr 2011 abgeschalteten Kernkraftwerke und des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld (KKG) – 2015 abgeschaltet – wird dieses Wissen kontinuierlich weiterentwickelt und optimiert.

Am Jahresende 2017 waren in Deutschland noch sieben Kernkraftwerke in Betrieb. 26 Kernkraftwerke sind abgeschaltet oder befinden sich im Rückbau. Mit dem Kernkraftwerk Niederaichbach, dem Versuchsreaktor Kahl und dem Heißdampfreaktor Großwelzheim sind derzeit drei Kernkraftwerke in Deutschland vollständig zurückgebaut. Bis Ende 2022 werden auch die letzten Kernkraftwerke in Deutschland vom Netz gehen (Tab. 1).

Dann werden 36 Kernkraftwerke in Deutschland abgeschaltet sein, sich im Rückbau befinden oder schon vollständig zurückgebaut sein. Die Entscheidung über die weitere Nutzung des Standortes, ob als grüne Wiese oder als Industriestandort (wie im Falle des Standortes Lubmin/Rubenow) wird jeder ehemalige Kraftwerksbetreiber für sich selbst treffen müssen.

Rückbauetappen im Kernkraftwerk Greifswald (KGR) in Lubmin/Rubenow

Das Kernkraftwerk Greifswald besteht aus acht Kraftwerksblöcken. Die Blöcke 1 bis 4 waren zwischen 12 und 17 Jahren in Betrieb. Der Block 5 befand sich nur für kurze Zeit

im Probetrieb. Der Block 6 war vollständig fertiggestellt, wurde aber nicht in Betrieb genommen. Die Blöcke 7 und 8 waren in der Errichtungsphase (Abb. 1).

Im Zuge der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten wurde im November 1990 der Stilllegungsbeschluss gefasst. Dieser sah die sofortige Abschaltung der Blöcke 1 bis 4, die Beendigung des Probetriebes des Blockes 5 und den Stopp des Weiterbaus der Blöcke 6 bis 8 vor. Die 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung für das Kernkraftwerk Greifswald wurde am 30.06.1995 erteilt. Der Rückbau des Kernkraftwerkes Greifswald erfolgte in 6 Phasen:⁵

- Phase 1: Abbau von für den Restbetrieb der Anlage nicht mehr benötigten Anlagenteilen, die Entsorgung des Kernbrennstoffes aus der Anlage und Schaffung der notwendigen Infrastruktur
- Phase 2: Abbau der Großkomponenten im Reaktorgebäude in Vorbereitung der Durchführung der Phase 3 (Abbau des Reaktors)
- Phase 3: Abbau des Reaktordruckbehälters (RDB), des RDB-Deckels, der RDB-Einbauten, des Ringwasserbehälters (Blöcke 1 bis 4) bzw. des Biologischen Schilts (Block 5)
- Phase 4: Abbau der restlichen kontaminierten Anlagenteile
- Phase 5: Gebäudedekontamination inklusive Nachweis der Kontaminationsfreiheit, Entlassung der verbleibenden Strukturen aus der atomrechtlichen Überwachung
- Phase 6: Konventioneller Abbruch der Gebäude

Phase 1

Während der Phase 1 wurden im Wesentlichen folgende Umfänge realisiert:

- die Entsorgung der Brennelemente (BE),
- die Demontage im Maschinenhaus (konventioneller Bereich des Kernkraftwerkes)
- Errichtung von Konditioniereinrichtungen für radioaktive Reststoffe und Abfälle am Standort
- Errichtung einer Freimessanlage zur Freimessung von freigebaren Reststoffen und Abfällen zur konventionellen Verwertung bzw. Entsorgung

Tabelle 1: Abschaltzeiten für noch in Betrieb befindliche Kernkraftwerke gemäß §7 AtG

Kernkraftwerk	Kürzel	Typ	Spätestens nach §7 AtG außer Betrieb
Philippsburg 2	KKP 2	DWR	31. Dezember 2019
Brokdorf	KBR	DWR	31. Dezember 2021
Grohnde	KWG	DWR	31. Dezember 2021
Gundremmingen C	KRB C	SWR	31. Dezember 2021
Isar 2	KKI 2	DWR	31. Dezember 2022
Emsland	KKE	DWR	31. Dezember 2022
Neckarwestheim	GKN II	DWR	31. Dezember 2022



Abb. 1: Blick auf das Kernkraftwerk Greifswald (KGR).

Die Entsorgung der Brennelemente begann mit ihrer Umladung aus den Kraftwerksblöcken in das Zwischenlager für abgebrannten Brennstoff (ZAB). Dieser Vorgang wurde 1995 abgeschlossen. Ab 1997 wurden die Brennelemente in Castoren verpackt und ab 1999 in das neu errichtete Zwischenlager Nord (ZLN) transportiert und gelagert. Seit 2006 sind alle Brennelemente in Castoren im ZLN.

Die Demontage und Zerlegung der technologischen Anlagen und Ausrüstungen im Maschinenhaus begann direkt vor Ort oder auf dafür eingerichteten Arbeits- und Zerlegeplätzen im Maschinenhaus. Diese Anlagen und Ausrüstungen waren zwar nicht mit dem Wasser des Primärkreislaufes in Berührung, da aber eine Kontamination nicht ausgeschlossen werden konnte, wurde das Material als sogenanntes Verdachtsmaterial eingestuft und deshalb entsprechend der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) einer Freimessung zugeführt. Für die Zerlegung wurden hauptsächlich konventionelle mechanische und thermische Trenneinrichtungen verwendet. Seit 2005 wird das Maschinenhaus von Stahlbauunternehmen für den Schiffbau, den Bau von Offshore-Windkraftanlagen und den Kranbau nachgenutzt (Abb. 2).

Wichtige Voraussetzung für eine effektive Durchführung der weiteren Rückbau-Phasen war die Errichtung von Konditioniereinrichtungen für radioaktive Reststoffe und Abfälle am Standort. So wurde die ehemalige Reparaturwerkstatt für kontaminierte Teile, die zentrale aktive Werkstatt (ZAW), von 1991 bis 1995 für die geänderten Belange aus der Still-

legung und Entsorgung speziell für die Konditionierung der radioaktiven Reststoffe und Abfälle umgebaut. In der ZAW werden hauptsächlich konventionelle mechanische Zerlegeeinrichtungen verwendet. Hier befinden sich aber auch spezielle Boxen für abrasive Dekontamination und Hochdruckwasserstrahlen sowie chemische und elektrolytische Dekontaminationsbäder. Auch Boxen für thermische Trennverfahren gehören zur Einrichtung der ZAW.

Das Zwischenlager Nord (ZLN) wurde von 1992 bis 1994 geplant, anschließend gebaut und 1998/1999 in Betrieb genommen (Abb. 3). Das Zwischenlager ist für die Lagerung und Behandlung der radioaktiven Reststoffe und Abfälle notwendig, da kein Endlager zur Verfügung steht. Neben insgesamt 7 Lagerhallen für schwach- und mittelradioaktive Reststoffe und Abfälle sowie einer Lagerhalle für Transportbehälter für BE besitzt das ZLN auch Caissons mit speziellen Einrichtungen für die Behandlung von radioaktiven Reststoffen, wie z. B. Bandsäge, Schrottscheren, Hochdruckverpressungsanlage, Fassmessanlagen sowie Fasstrocknungsanlagen.

In etwas jüngerer Zeit wurde auch eine Zentrale Dekontaminations- und Wasseraufbereitungsanlage (ZDW) am Standort in Betrieb genommen. Sie erweitert die Möglichkeiten der Konditionierung der radioaktiven Reststoffe und Abfälle insbesondere durch chemische und elektrolytische Dekontaminationsbäder sowie die Wasseraufbereitung einschließlich einer Innenfasstrocknungsanlage.



Abb. 2: Maschinenhaus während der Demontage (KGR).



Abb. 3: Blick auf das Zwischenlager Nord (ZLN).

Phase 2

Für eine effektivere Demontage und Entsorgung hat sich die EWN für die sogenannte Großkomponenten-Strategie entschieden. Durch eine räumliche und zeitliche Trennung der Demontearbeiten von den Zerlege- und Dekontaminationsarbeiten können die Anlagen und Ausrüstungen aus den Kraftwerksblöcken schneller demontiert werden und an speziell eingerichteten Arbeitsplätzen für die Zerlegung, die Konditionierung und die Dekontamination (ZAW, ZLN und ZDW) behandelt werden. Falls sinnvoll und erforderlich kann durch Nutzung des Abklingverhaltens von radioaktiv belasteten Bauteilen eine spätere Konditionierung durchgeführt werden. Dies führt zu einer deutlichen Minimierung der Strahlenbelastung des Personals. Die Großkomponenten-Strategie wurde im Wesentlichen mit den Dampferzeugern (Abb. 4), den Druckhaltern, Hauptumwälzpumpen, Hauptabsperrschiebern sowie Wärmetauschern realisiert.

Phase 3

Der Abbau der Reaktordruckbehälter, der RDB-Deckel, der RDB-Einbauten der Ringwasserbehälter bzw. des Biologischen Schildes erfolgen je nach radiologischer Belastung der

Komponenten teilweise oder vollständig fernbedient oder fernhantiert.

Von 1999 bis 2003 wurde in einem umfangreichen Erprobungsprogramm die fernbediente Zerlegung und Verpackung des RDB und der RDB-Einbauten mit den originalen, nicht-aktivierten Komponenten der Blöcke 7 und 8 durchgeführt (Abb. 5).

2003 wurde der RDB des Blockes 5 als Großkomponente in das ZLN transportiert. Beide Projekte waren sehr erfolgreich. Auf Grund des, zu diesem Zeitpunkt, nicht zur Verfügung stehenden Bundesendlagers und der damit offenen Annahmebedingungen für ein Endlager wurde entschieden, nur die RDB-Einbauten der Kraftwerksblöcke 1 und 2 des Kernkraftwerkes Greifswald und die RDB-Einbauten des Kernkraftwerkes Rheinsberg fernbedient unter Wasser zu zerlegen und in Einsatzkörbe zu verpacken.

Die Zerlegung unter Wasser hat den Vorteil, dass Wasser die radioaktive Strahlung abschirmt und gleichzeitig der Handhabungsvorgang unter Wasser beobachtet werden kann.

Die RDB-Einbauten der Kraftwerksblöcke 3 bis 5 wurden in Abschirm- und Transportverpackungen eingestellt und abgeschirmt in das ZLN zur Abklinglagerung trans-



Abb. 4: Demontage eines Dampferzeugers im KGR.



Abb. 5: Nasszerlegeplatz während der Modelldemontage im KGR.



Abb. 6: Transport eines abgeschirmten RDB aus dem Reaktorgebäude zum ZLN.



Abb. 7: Trennung von Rohrleitungen im KGR.

portiert. Die Reaktordruckbehälter der Kraftwerksblöcke 1 bis 4 und vom Kernkraftwerk Rheinsberg wurden ebenfalls abgeschirmt im Flansch- und Corebereich in das ZLN transportiert (Abb. 6).

Die RDB-Deckel und die Teile des Ringwasserbehälters der Kraftwerksblöcke 1 bis 4 wurden vorzerlegt ebenfalls in das ZLN transportiert. Alle Teile werden in einer neu zu errichtenden Zerlegehalle am Standort KGR in den nächsten Jahren unter Berücksichtigung des Abklingverhaltens der hochradioaktiven Komponenten fernbedient/fernhandelt zerlegt und verpackt und bis zur Schließung des Bundesendlagers an dieses abgegeben.⁶

Phase 4

Die Phase 4 beinhaltet im Wesentlichen den Rückbau aller verbliebenen kontaminierten Anlagenteile nach Beendigung der Phase 3; dies bedeutet eine Weiterführung der Tätigkeiten entsprechend Phase 2 (Abb. 7). Auf Grund der Vielzahl der Anlagen und Einrichtungen und der insgesamt 5 Kraftwerksblöcke ist die Zerlegung von Anlagenteilen auf Verpackungs- oder Transportmaß mit der Maßgabe einer zielgerechten Sortierung für die weiteren Entsorgungsetappen (Bearbeitungsstationen, Freimessung, Zwischenlagerung, Endlagerung) eher eine logistische Herausforderung. Auch hier werden die Einrichtungen so groß wie sinnvoll möglich abgebaut und für eine spätere Behandlung in das ZLN trans-

portiert. Versatzteile und Zugangstüren werden ebenfalls ausgebaut und die Öffnungen verschlossen.

Phase 5

Nachdem alle kontaminierten Anlagenteile demontiert wurden, erfolgt parallel zur Gebäudedekontamination (Abfräsen der Wandfarbe/Beschichtung und der kontaminierten Betonoberfläche) der Rückbau der letzten bisher noch benötigten Ausrüstungen, z. B. Lüftungsanlage, Brandmeldeanlage und Feuerlöschnetz sowie Beleuchtung und elektrische Versorgung (Abb. 8). Insbesondere die strikte Einhaltung des Brandschutz- und Lüftungskonzeptes vor dem Hintergrund sich ändernder Randbedingungen während der Gebäudedekontamination erfordert langfristige aber flexible Lösungen.

Die Gebäudedekontamination erfolgt bevorzugt raumgruppenweise entsprechend einer Rückzugsstrategie innerhalb eines Gebäudes. In vielen Fällen ist eine vollständige Entfernung der Farbanstriche/Beschichtungen erforderlich. Wenn die Raumgruppe komplett dekontaminiert wurde, können die Räume einer Freimessung unterzogen werden (Abb. 9). Häufig ist es nicht möglich, die sehr niedrigen Freigabewerte zu erreichen, ohne dass an Wand und Fußböden ein Betonabtrag vorgenommen wird und komplette Wandbereiche herausgetrennt werden. Vielfach sind dann statische Ersatzmaßnahmen für die abgetragenen oder herausgetrennten Wände erforderlich. Für die herausgetrennten



Abb. 8: Entfernung von losem Spachtelmaterial von der Betonwand (KGR).



Abb. 9: Arbeitsbühne für Dekontamination und Freimessung im Kamin Nord I (KGR).

kontaminierten Wände sind dann separate Behandlungsplätze erforderlich, um hier eine effektive Entfernung der Kontaminationsherde zu erreichen. Anschließend Messungen in den Freimessanlagen stellen die strikte Einhaltung der erforderlichen Freigabewerte sicher. Das so dekontaminierte Gebäude wird dann an der stehengebliebenen Struktur ebenfalls freigemessen. Umfangreiche und aufwendige Messungen im Rahmen eines behördlich bestätigten Freimessprogrammes müssen die Einhaltung der Werte belegen.

Phase 6

Für den Rückbau der Kernkraftwerke Greifswald und Rheinsberg ist auf Grund der langjährigen und umfangreichen Nutzung der Gebäude die Entsorgung nur durch Abriss erreichbar. Die theoretisch mögliche Alternative der Nachnutzung der Gebäude ist wirtschaftlich nicht vertretbar und aufgrund der räumlichen Aufteilung der Gebäude auch nicht sinnvoll.

Gemäß Strahlenschutzverordnung wird die Möglichkeit der Nutzung der Freigabewerte für den Gebäudeabriss erst mit dem vollständigen Abriss des Gebäudes und der anschließenden Trennung der Bewehrung und des Betons abgeschlossen. Dabei kann der Abriss der Gebäude nach konventionellen Randbedingungen erfolgen. Der Beton wird geschreddert und die Bewehrung und andere Metallteile werden einem Schrotthändler zum Einschmelzen übergeben.

Derzeit hat die EWN am Standort Greifswald mehr als 750.000 t Material abgebaut inklusive der:

- Ausrüstungen der Reaktorgebäude der Blöcke 1 bis 5 sind abgebaut zu $\approx 94\%$,
- Ausrüstungen des Maschinenhauses der Blöcke 1 bis 6: $\approx 98\%$,
- Spezial- und Hilfsgebäude der Blöcke 1 bis 8: $\approx 55\%$,
- Zwischenlager für abgebrannten Brennstoff (ZAB): 100 %,
- Andere Gebäude: $\approx 81\%$.

Davon befinden sich derzeit 22.000 t radioaktive Reststoffe und Abfälle im ZLN, inklusive der 6 RDB, 12 RDB-Einbauten und 22 Dampferzeuger. Das freigemessene Territorium der EWN umfasst eine Fläche von ca. 123 ha von insgesamt 170 ha.⁷

Für die in Zukunft anstehenden Aufgaben wird es immer mehr erforderlich sein, junges und gut ausgebildetes Personal in den Rückbauprozess zu integrieren, da viele Mitarbeiter in den nächsten Jahren ihr aktives Berufsleben beenden. Die neuen Mitarbeiter werden keine Anlagenkenntnis aus der Betriebszeit mitbringen. In vielen Fällen ist aber gerade die Kenntnis über den Aufbau der Anlagen und Einrichten sowie der örtlichen Gegebenheiten sehr hilfreich, den Rückbau sicher und effizient zu gestalten. Aus diesem Grunde hat die EWN sehr frühzeitig begonnen, für die alten und neuen Mitarbeiter sowie die umliegende Bevölkerung und die Ur-

laubsgäste ein Informationszentrum einzurichten, welches an Hand originaler Bauteile oder maßstäblicher Modelle einen Eindruck über die rückgebaute/rückzubauende Anlage vermittelt.

Basierend auf den überwältigenden Erfahrungen und Resonanzen des Informationszentrums wurde im Jahr 2000 im Block 6 eine Besucherroute in Betrieb genommen, die Kraftwerksgegnern und -befürwortern gleichermaßen die Möglichkeit gibt, sich vom tatsächlichen Aussehen eines Kernkraftwerkes mit Druckwasserreaktor zu informieren und alles Wissenswerte über den Rückbau zu erfahren. Zurzeit wird diese Möglichkeit jedes Jahr von über 10 000 Besuchern aus den In- und Ausland wahrgenommen (Abb. 10).

Literatur

Ralf BORCHARDT, 25 years experience in the decommissioning of the nuclear powerplants Greifswald and Rheinsberg; 5th International Summit Nuclear Decommissioning, Berlin 2018.

Ralf BORCHARDT, Implemented Dismantling Strategies for the Reactors in Greifswald and Rheinsberg Nuclear Power Plant, Decommissioning Challenges, Avignon 2013.

Ralf BORCHARDT, Rückbauprojekt Kernkraftwerk Greifswald, Fachveranstaltung „Stilllegung und Rückbau von Kernkraftwerken in Deutschland“, Essen 2016.

Abstract

Decommissioning and Dismantling of Nuclear Power Plants in Germany

At the same time when the last commercial nuclear power plants were constructed and commissioned at the end of the 80s, the decommissioning of nuclear facilities already started.

Between 1987 and 1995 the NPP Niederaichbach was the first European NPP to be dismantled completely to a “green-field status”. The NPP Gundremmingen Unit A (KGG-A) was in the process of decommissioning and dismantling as well since 1983. The dismantling was finished in 2005. The NPP Kahl (VAK), the first commercial German NPP, was shut down after 25 years of operation and completely dismantled between 1986 and 2010. The superheated steam reactor Großwelzheim (HDR), which is also located in the Karlstein district, was shut down in 1971 after operating only for a short period of time and demolished in 1998.

With the shut-down of the NPPs Greifswald and Rheinsberg in 1990 the process of decommissioning and dismantling was used in an industrial scale taking commercial boundary conditions into account for the first time. Until then decommissioning and dismantling of NPPs has had the main purpose of testing and improving the procedure.



Abb. 10: Besucherroute im Block 6 des KGR.

With the experiences gained in Rheinsberg and Greifswald and the new findings resulting from the dismantling of the NPPs Würzgassen (KWW), Stade (KKS) and Obrigheim (KWO) Germany has unique expertise in the dismantling of power reactors.

This knowledge was amplified in the past by dismantling numerous research reactors on the sites in Karlsruhe, Jülich and Rossendorf. The current decommissioning and dismantling procedures of eight NPPs that were shut down in 2011 and

of the NPP Grafenrheinfeld (KKG) which was shut down in 2015 led to further development and progress in this field.

In the time from late 2017 until the end of 2022 the last German NPPs will be removed from the grid; the necessary knowhow for the dismantling is available.

Based on the representation of temporal decommissioning and dismantling of German NPPs the presentation gives an overview of the main steps in the dismantling process using the example of Greifswald NPP.

¹ <https://www.wikipedia.com>; Begriff Liste der Kernkraftwerke in Deutschland siehe https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Kernkraftwerke#Deutschland (abgerufen am 05.02.2018).

² Siehe <https://www.grs.de/aktuelles/begriff-des-monatsdruckwasserreaktor-dwr> (abgerufen am 05.02.2018).

³ Siehe <https://www.grs.de/aktuelles/begriff-des-monats-siedewasserreaktor-swr> (abgerufen am 05.02.2018).

⁴ Siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/Hochtemperaturreaktor> (abgerufen am 05.02.2018).

⁵ BORCHARDT, 25 years experience, 2018.

⁶ BORCHARDT, Implemented Dismantling Strategies, 2013.

⁷ BORCHARDT, Rückbauprojekt Kernkraftwerk Greifswald, 2016.

II **Denkmalwerte** **Heritage Values**



Unbequem oder unhaltbar? Kernkraftwerke und Denkmalschutz

Kerstin Wittmann-Englert

Kern-(Atom-)kraftwerke unter Denkmalschutz? Mit dieser Idee wird man überwiegend Kopfschütteln ernten. Doch warum eigentlich? Kernkraftwerke sind aktuelle Zeugnisse der Technik- und Industriegeschichte, von denen in Deutschland heute noch viele in Gebrauch sind, während wir das Ende dieser Art der Energiegewinnung bereits vor Augen haben: dem Beschluss der Bundesregierung aus dem Jahr 2011 folgend sollen alle Kernkraftwerke in Deutschland bis 2020 stillgelegt werden. Bauwerke und Ausstattung bilden, wenngleich physikalisch kontaminiert, Artefakte einer Hochtechnologie, die von der Technikeuphorie und Zukunftsoptimismus der Nachkriegszeit zeugen. In Deutschland ging das erste Kernkraftwerk bereits 1961 ans Netz: das südöstlich von Frankfurt am Main stehende Versuchsatomkraftwerk Kahl ist jedoch nicht nur das älteste seiner Art in Deutschland. Es gehört auch zu jenen, die bereits stillgelegt und wieder abgerissen wurden. Würde man mit allen Kernkraftwerken so verfahren, stünden künftigen Generationen nurmehr Bild- und Textquellen anstelle substanzieller Zeugen zur Verfügung.

Zu den Aufgaben der Denkmalpflege gehört es, mittels Artefakten wissenschaftliche, technische, gesellschaftliche und auch künstlerische Errungenschaften zu vermitteln. Bei Kernkraftwerken sind gleich mehrere dieser Kategorien angesprochen, sodass einer Eintragung in die Denkmallisten prinzipiell nichts entgegenstünde. Doch was würde eingetragen bzw. worin bestehen die Denkmalwerte: in der technologischen Ausstattung oder der diese umhüllenden Architektur, die auch ihre jeweilige Umgebung, zumeist Landschaft, prägt? Beides, Funktion und Architektur, sind in unserer Wahrnehmung untrennbar miteinander verbunden – und in gleicher Weise physikalisch und ideologisch kontaminiert. Doch zugleich bilden Kernkraftwerke ein Erbe, das im Rahmen einer kerntechnischen „Route der Industriekultur“ vermittelt werden könnte.

Welche Geschichte ist ab wann der materiell bezeugten Erinnerung wert? Eine Frage die keineswegs nur in Deutschland gestellt wird und naturgemäß vor allem bei jüngeren Bauwerken aufkommt, die mangels zeitlicher Distanz der Betrachtenden und den Denkmalwert Beurteilenden noch nicht den Bonus des Historischen haben (können). Kernkraftwerke bilden dabei zweifellos eine spezielle Gattung – sowohl ästhetisch als auch funktional. Ob sie, mit dem Denkmalpfleger Norbert Huse gesprochen, nur „unbequem“ oder in ihrer Substanz doch unhaltbar sind, scheint mir noch nicht abschließend geklärt.

Nuclear power plants under monument protection? With this idea one will encounter predominantly misgivings. But why actually? Nuclear power plants are current testimonies to the history of technology and industry, many of which are still in use in Germany today, while we are already preparing for the end of this type of energy generation: in accordance with the decision of the Federal Government in 2011, all nuclear power plants in Germany are to be decommissioned by 2020. Although physically contaminated, buildings and equipment are artefacts of high technology that bear witness to the technological euphoria and optimism for the future of the post-war era. In Germany, the first nuclear power plant was connected to the grid as early as 1961: the Kahl experimental nuclear power plant, located southeast of Frankfurt am Main, is not only the oldest of its kind in Germany. It is also one of those that has already been decommissioned and demolished. If this were done with all nuclear power plants, future generations would only have access to image and text sources instead of tangible witnesses.

One of the tasks of monument preservation is to communicate scientific, technological, social and artistic achievements by means of artefacts. In the case of nuclear power plants, several of these categories are addressed at the same time, so that in principle nothing would stand in the way of an entry in the monument lists. But what would be entered or what are the heritage qualities: the technological equipment or the architecture enveloping it, which also shapes the respective environment, usually the landscape? In our perception, both function and architecture are inextricably linked – and in the same way physically and ideologically contaminated (cf. Michael Bastgen, pp. 58–68). At the same time, however, nuclear power plants are a legacy that could be conveyed within the context of a nuclear “Route of Industrial Culture” (cf. Dominik Geppert, pp. 69–76).

Which history from when on is worth remembering materially? This is a question that is by no means only asked in Germany (cf. Wayne D. Cocroft, pp. 77–86). Naturally it arises above all in the case of more recent buildings which, due to the lack of temporal distance between the beholders and the people assessing the heritage value, do not yet (and cannot) have the bonus of the historical. Nuclear power plants undoubtedly form a special genre – both aesthetically and functionally. Whether they are, as the conservator Norbert Huse would call them, only “uncomfortable” or unmaintainable in their substance seems to me not yet conclusively clarified.

Unbequeme Altlasten. Zum Denkmalwert von Kernkraftwerken

Michael Maria Bastgen

Der Regisseur Volker Sattel beschreibt Kernkraftwerke wie folgt: „Für manchen sind sie Monumente einer verblichenen Zukunft, für Atomkraftgegner Symbole der Angst und für ihre Mitarbeiter die sichersten Gebäude der Welt.“¹ Damit deutet er an, was seit Alois Riegl zu den Grundsätzen der Denkmaltheorie zählt: „Nicht den Werken selbst kraft ihrer ursprünglichen Bestimmung kommt Sinn und Bedeutung von Denkmälern zu, sondern wir modernen Subjekte sind es, die ihnen dieselben unterlegen.“² Die Geschichte der nuklearen Energiegewinnung ist so facettenreich und die beteiligten Akteure sind so zahlreich, dass es Kernkraftwerken nicht gerecht werden würde, sie als reine Technik- und Industriedenkmale zu verstehen. Es braucht mehr als eine hochentwickelte Technologie, „um die bislang größte und wirkungsvollste Massenbewegung der deutschen Geschichte“³ zu mobilisieren. Im Folgenden werden daher einige Gedanken und Thesen vorgestellt, die dem Denkmalwert der scheidenden Großkraftwerke über ihre technische Bedeutung hinaus begeben.⁴

Denkmalrechtlicher Zugang und konservatorische Probleme

Zu einer denkmalrechtlichen Unterschutzstellung müssen sich bauliche Anlagen als denkmalfähig und denkmalwürdig erweisen. Denkmalfähig bedeutet, dass mindestens eines der gesetzlichen Bedeutungskriterien erfüllt ist, was für Kernkraftwerke zumindest für die geschichtliche und technische Bedeutung nur schwer zu bestreiten ist. Die Denkmalwürdigkeit unterliegt der Existenz eines öffentlichen Erhaltungsinteresses, das u. a. von der Seltenheit, Integrität und Originalität des Bauwerks abhängig ist. So bedarf auch die mit jedem in die Wege geleiteten Rückbau gesteigerte Seltenheit nach gültigem Atomgesetz keiner weiteren Abwägung – spätestens ab 2022 wird diese Bedingung ultimativ.⁷ Ohne eine frühzeitige denkmalpflegerische Intervention in den komplexen Rückbauprozess wird jedoch die Authentizität und Integrität von Kernkraftwerken gefährdet, da mit jeder ausgebauten Komponente und der somit verlorenen Originalsubstanz das öffentliche Erhaltungsinteresse sinkt.⁸ Es stellt sich somit die Frage, ob Kernkraftwerke auch nach dem atomrechtlich unabwendbarem Teil des Rückbaus noch denkmalwürdig sind.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass Kernkraftwerke immer als eine Gesamtanlage geplant und verwirklicht wurden, deren Bauten in engem technischen und funktionalen Zusammenhang stehen. Der von Radioaktivität betroffene, sogenannte Kontrollbereich stellt dabei nur einen Teil der Industriekomplexe dar. Bei Anlagen mit Druckwasserreaktor ist dies allein das Reaktorgebäude (Abb. 1). Bereits deswegen erscheinen derartige Anlagen besser für einen Erhalt geeignet als solche mit Siedewasserreaktor, wo das Maschinenhaus ebenfalls von Kontamination berührt ist.⁹

Ferner beschränkt sich das Problem auf die technischen Anlagen. Zwar besteht eine gesetzliche Verpflichtung zum „Rückbau“, diese verlangt im Grunde aber allein die Dekontamination bis zu einem festgelegten Grenzwert.¹⁰ Danach können die Gebäude nachgenutzt oder auf konventionelle Weise abgebrochen werden. So belegen erfolgreiche Nachnutzungen, dass der Erhalt sämtlicher Bauwerke möglich ist: Das Maschinenhaus des Kernkraftwerkes Greifswald (Abb. 2) wird heute zur Kranherstellung genutzt, der Réacteur 1 in Chinon beherbergt das Musée de l'Atome.¹¹

Aus denkmalpflegerischer Sicht ist dies jedoch insofern problematisch, da sich im Reaktorgebäude nahezu alle kern-technikspezifischen Komponenten des Kraftwerks befinden. Denn Kernkraftwerke funktionieren im Wesentlichen wie konventionelle Wärmekraftwerke, die durch den Antrieb von Turbinen thermische in elektrische Energie umwandeln – mit dem entscheidenden Unterschied, dass die benötigten Temperaturen nicht durch Verbrennung fossiler Rohstoffe, sondern durch Kernspaltung erzeugt werden.¹² Die Anlagen außerhalb des Kontrollbereichs entsprechen sich daher weitestgehend, sind frei von Kontamination und können mit dem gewohnten industriedenkmalpflegerischen Aufwand erhalten bleiben. Die nuklearen Komponenten hingegen werden in großen Teilen verloren gehen. So verschwindet auch das Herzstück des Kernkraftwerks, der Reaktor. Der Ort, an dem die Energie des Kernes erst entfesselt und dann nutzbar gemacht wird.

Konservatorisch ist zu beachten, dass der übliche Rückbau schon seiner Aufgabe entsprechend keinerlei Relikte hinterlässt. Ob die vollständige Entkernung womöglich abwendbar ist, wäre daher von Kerntechnikern mit neuem, nun substanzerhaltendem Auftrag zu klären. Allerdings wurden auch die Anlagen des ersten deutschen Forschungsreaktors in Garching (Abb. 3) trotz Eintragung und intensiver Bemü-

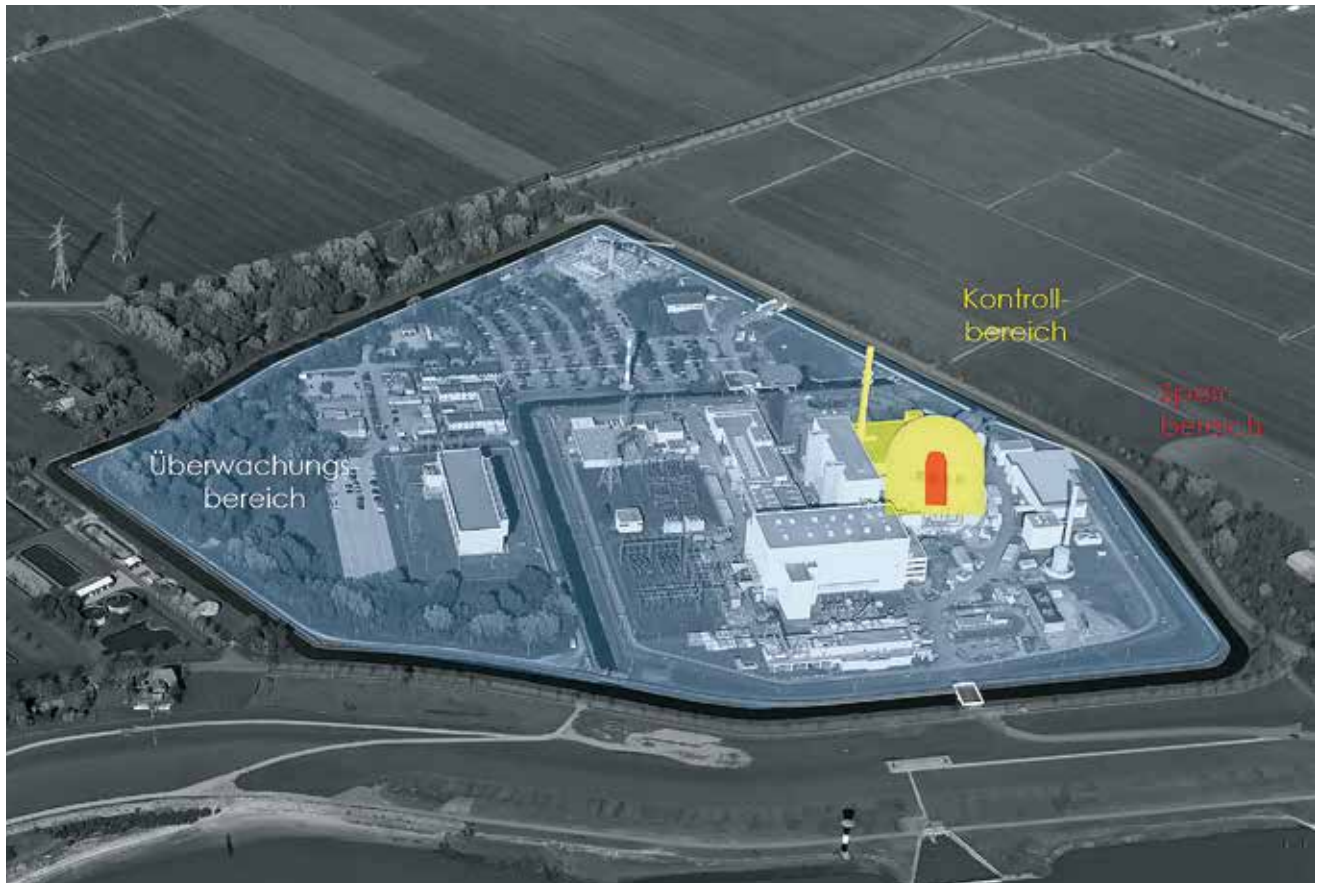


Abb. 1: Kernkraftwerk Brokdorf 2012, Strahlenschutzbereiche und Wassergraben.



Abb. 2: Lubmin, Kernkraftwerk Greifswald 2010.



Abb. 3: Forschungsreaktor FR-1, TU München, sogenanntes „Atom-Ei“, Gerhard Weber 1956–57.

hungen durch das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege vollständig ausgebaut: Das ikonische, architektonisch wertvolle sogenannte „Atom-Ei“ wurde ausgeblasen.¹³ Die folgende Argumentation erfolgt daher unter der Prämisse, den Denkmalwert von Kernkraftwerken auch ohne die spezifisch kerntechnische Ausstattung zu bemessen.

Die Belastungen des Denkmals Kernkraftwerk

Kernkraftwerke sind in zweierlei Weise belastet. Zum einen wäre das die genannte physikalische Belastung, die einen Erhalt in jedem Fall erschwert, in einigen Fällen sogar verunmöglicht.¹⁴ Zum anderen spielt die ideologische Belastung der Kernkraft eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Dabei könnte insbesondere die physikalische Belastung, also die Kontaminierung, das Kernkraftwerk schützenswert machen, wenn wir die Frage und Gegenfrage Uta Hasslers „Das Denkmal als Altlast?“ und „Die Altlast als Denkmal?“¹⁵ an Kernkraftwerke stellen. Schon in der Diskussion um das Erbe der Montanindustrie regte Hassler an, dass insbesondere belastete Industriekomplexe „als Zeugnisse [...] des Raubbaus an erschöpflichen Ressourcenkapitalien“ trotz der Erhaltungsprobleme schutzwürdig sein könnten: „Schutz und Verehrung für die Zeugnisse der Verschwendung also,

und dennoch – gleichzeitig – ein Bemühen um Trendumkehr?“¹⁶

Wenn auch die radioaktive Belastung zuvor beseitigt werden muss – allein der „sichere Einschluss“ würde die Altlasten am Bauwerk erhalten – sollte ein überwundenes Objekt als Zeichen der Erneuerung und Mahnmal des gestrigen Umgangs mit der Umwelt erhalten bleiben. Denn selbst wenn Kernkraftwerke aus der oberirdischen Denkmallandschaft verschwinden, werden uns die radioaktiven Abfälle unterirdisch und im Verborgenen erhalten bleiben. Die deutschen Endlager, wenn denn einst fertiggestellt, sollen die sichere Aufbewahrung, für nicht weniger als für unvorstellbare eine Million Jahre garantieren.¹⁷ Auch die Entfernung der sichtbaren Spuren der Atom Müllproduktion zu Tage wird daran nichts ändern. Es besteht jedoch die Gefahr, dass die Hinterlassenschaften der Kernenergie – aus den Augen aus dem Sinn – nach einigen Jahrzehnten verdrängt und vergessen werden. Ein sichtbares Denkmal könnte kommenden Generationen die Existenz dieser Lagerstätten mahnen, die negativen Folgen der nuklearen Energieerzeugung im Bewusstsein der Gesellschaft verankern.

Kernkraftwerke erweisen sich, wie oben angedeutet, in einer zweiten Weise als belastet. Aus dem polarisierenden, erbitterten und teils irrationalen Kampf für oder wider die Kernenergie resultiert eine ideologische Kontaminierung von Kernkraftwerken. Bereits Michael Petzet schlägt die



Abb. 4: Anti-Atomkraft-Demonstration 2011, Potsdamer Platz, Berlin.

Brücke zu dieser zweiten, nicht physischen Belastung, wenn er von einer Stimmung spricht, „in der angesichts des notwendigen Aufbruchs in eine neue Zeit die Erinnerung an Geschichte insgesamt eher als belastend betrachtet wird.“¹⁸ Norbert Huse bezeichnet in seinem Plädoyer für die Akzeptanz auch schwieriger Erbschaften genau diese „nicht geliebt[en]“ Denkmale, „Fremdkörper“ und „Stolpersteine“ als „unbequeme Denkmale“.¹⁹

Viele der beteiligten Akteure wünschen sich ein Verschwinden der Kernkraftwerke, darunter selbst jene, die deren fortlaufenden Betrieb unterstützen würden. Ob für die Politik, die Betreiber oder große Teile der Bevölkerung: Im Wunsche, sich von der Kernenergie in Deutschland zu trennen, wäre es zweifellos bequemer, sich auch sinnbildlich von der Gesamtheit der Kraftwerke zu trennen. Doch gerade durch ihre Unbequemlichkeit, so Huse, würde die Denkmalswelt zwar komplizierter, womöglich aber auch reicher und schlussendlich nützlicher.²⁰ So könnte ein erhaltenes Kernkraftwerk auch eine in einem zweiten Sinne mahnende Funktion übernehmen. Denn der Atomausstieg ist keineswegs für alle Zeit festgeschrieben. Im Gegenteil: Er ist jederzeit revidierbar. Einige Rohstoffkrisen und Energieengpässe später könnte der derzeitige politische Konsens ins Wanken geraten, nach wenigen Dekaden ein neuer Zeitgeist mit größerer Zuversicht in die Technik herrschen. Möchten wir kommenden Generationen unsere bewusste Entscheidung gegen eine

weltweit nach wie vor übliche Form der Energiegewinnung übermitteln, ist ein Denkmal Kernkraftwerk sinnvoll.

Zum Streitwert von Kernkraftwerken

Mit Kernkraftwerken verbinden eine Vielzahl von gesellschaftlich oder institutionell definierten Personengruppen ganz unterschiedliche Erinnerungen. Ob Anwohner, Beschäftigte, Demonstrierende oder Gegendemonstrierende, ob Menschen in Verwaltung, Kraftwerksbau, Politik, Presse, Polizei oder Justiz – Gegner und Befürworter der Kernenergie finden sich in vielen dieser und weiterer Parteien, mit einer jeweils eigenen Perspektive auf das Geschehene.

Wie vielschichtig daher auch die Meinungen über den zukünftigen Umgang mit den Zeugnissen der Kernenergie sein können, lassen Presseartikel aus Deutschland und der Schweiz erahnen. In Grafenrheinfeld spricht sich ein erklärter Atomkraftgegner öffentlich für den Erhalt und die Umnutzung aus, ehemalige Beschäftigte und Anwohner trauern um ihr Kraftwerk und Energiekonzerne wollen ihre Erblasten – auch baulich – möglichst schnell aus ihrem Image entfernen.²¹ In der Schweiz löste die zurückhaltende Erwähnung nur der Möglichkeit des Erhalts seitens der kantonalen Denkmalpflege bereits ein mediales und politisches Echo aus.²² Es deutet sich an, dass die Debatte um den Erhalt von



Abb. 5: Plakat gegen das Kernkraftwerk Wyhl 1982.

Kernkraftwerken das Potential birgt, selbst innerhalb der zuvor geeinten Lager für Spaltung und Streit zu sorgen.

Diese Indizien kündigen einen „denkmalpflegerischen Streitwert“ von Kernkraftwerken an – also den Wert eines Objekts, der ihm durch eine Debatte um Deutung und Umgang zukommt.²³ Gabi Dolff-Bonekämper betont in ihren Ausführungen zum Streitwert, „dass in einer demokratischen, pluralistischen Gesellschaft nicht nur Konsens und Konsensfähigkeit, sondern auch Dissens und Dissensfähigkeit positive Kräfte sein können“, da vor allem im Streit „divergierende gesellschaftliche Bewertungen der Vergangenheit“ artikuliert werden. Ein umstrittenes Denkmal sei dementsprechend „nicht obwohl, sondern gerade weil es Streit auf sich zieht“ von Bedeutung.

Kernkraftwerke besitzen zudem eine Eigenschaft, die bei einer erweiterten Deutung des Streitwertbegriffs mitberücksichtigt werden kann. Denn für den eigentlichen und tieferen Dissens sorgte die Kernenergiedebatte selbst – also die Grundsatzfrage nach der Anwendung der Kernenergie unter all ihren ethischen, technischen und ökonomischen Aspekten. Die Kontroverse zwischen Bürgern, Staat und Wirtschaft – jedoch ohne Beteiligung der Denkmalpflege – hat als jahrelanger gesellschaftlicher Dissens bereits zum politischen Konsens, dem so genannten „Atomkonsens“, geführt, der die ambitionierte Energiewende fördert. Der Streit um Kernkraftwerke hatte somit einen nicht zu leugnenden gesellschaftlichen Wert. Ihnen ist ein zweifacher Streitwert

immanent: der andauernde politische und gesellschaftliche Streitwert sowie der immer aktueller werdende denkmalpflegerische Streitwert.

Darf ein solch „des Streits wertiges Denkmal“²⁴ vollständig verschwinden? Kann der Konflikt mit der Auslöschung seiner baulichen Zeugnisse gelöst werden? Oder sollte an ihn nicht zumindest an einer Stelle symbolisch erinnert werden?

Kernkraftwerke als Symbol

Die Anti-AKW-Bewegung bedient sich seit jeher unterschiedlicher Symbole (Abb. 4). Die bekanntesten sind das der Anti-Atomkraft-Sonne mit ihrem Slogan „Atomkraft? Nein danke“ und das variantenreich verwendete Strahlenwarnzeichen ISO 361.²⁵ Ein weiteres Symbol der Kernenergiedebatte ist die emblematische Darstellung des Kernkraftwerks in seinem Schattenriss – meist konstituiert aus Kühlturm und kuppelförmigem Reaktorgebäude, mitunter erweitert um ein kubisches Gebäude und/oder den Abluftkamin (Abb. 5). Ähnliche Ansichten finden sich auch in neutralen technischen Prinzipskizzen.

Dabei ist der oft mit der Kernenergie assoziierte Kühlturm keineswegs ein nukleares Spezifikum – fossil beheizte Kraftwerke und andere Produktionsstätten können ebenso über einen Kühlturm verfügen. Umgekehrt benötigt ein Kernkraftwerk nicht einmal einen Kühlturm. Technisch dient dieser der Abführung überschüssiger Prozesswärme bzw. der Beschränkung der Erwärmung der angrenzenden Gewässer, die in einem zunehmend ökologisch geprägten Zeitalter als nicht mehr hinnehmbar gilt.²⁶ Die küstennahen Standorte, aber auch leistungärmere Kraftwerke an Binnengewässern, kommen daher ohne Kühlturm aus. An den Standorten Neckarwestheim und in Chinon im Valle de Loire wurden die technischen Alternativen Hybrid-Kühlturm und Zellenkühler gewählt, um die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes zu verringern (Abb. 6).

Ein kuppelförmiges Reaktorgebäude ist hingegen ein hinreichendes, aber ein ebenso wenig notwendiges Element eines Kernkraftwerks. Zahlreiche Siedewasserreaktoren, etwa die Baulinien 69 und 72, sind kubisch oder zylinderförmig umbaut (Abb. 7). Obwohl also andere Darstellungen denkbar wären, ist die Illustration mit Kühlturm und Kuppel zur Ikonographie der Kernkraftwerke geworden (Abb. 8). Die Omnipräsenz der Symbole in der medialen und gesellschaftlichen Kontroverse hat die bildliche Vorstellung nachhaltig geprägt.

Was bedeutet also diese prägnante Gestalt für das Denkmal Kernkraftwerk? Erst die eindeutige augenscheinliche Identifizierung kann im Betrachtenden die vorhandenen Assoziationen zum Geschehenen erwecken. Dieser Assoziationswert ist gerichtsfestes Kriterium seiner Denkmalfähigkeit, „wenn ein Gebäude im Bewusstsein der Bevölkerung einen Bezug zu bestimmten sozialen, kulturellen oder poli-



Abb. 6: Kernkraftwerk Neckarwestheim 2005, Hybridkühlturm unten, Zellenkühler oben (2012 abgebrochen).



Abb. 7: Kernkraftwerk Krümmel 2010, Baulinie 69, Maschinenhaus und Reaktorgebäude sind in einem Baukörper vereint.



Abb. 8: Anti-AKW-Plakat. Weder in Brunsbüttel noch in Krümmel befindet sich ein Kühlturm oder kuppelförmiges Reaktorgebäude.

tischen Verhältnissen seiner Zeit aufweist“.²⁷ Das Kernkraftwerk wird zu einem in sich begreiflichen Zeugnis, dessen Aussage ohne Hilfsmittel verständlich ist (Abb. 9).

Einem solchem Kernkraftwerk könnte über seinen individuellen Zeugniswert hinaus auch ein intendierter Erinnerungswert zugesprochen werden. Es könnte als Symbol dienen – nicht des lokalen-individuellen Protests, sondern des Widerstandes gegen die Kernenergie im Allgemeinen, dem eigentlichen Ziel der Anti-AKW-Bewegung.

Zur individuellen und allgemeinen Bedeutung von Zeugnissen der Kernenergie

Kernkraftwerke hinterlassen ein besonders schwer zu erhaltendes bauliches Erbe, bei dem aufgrund der technischen, wirtschaftlichen und politischen Hürden auch der institutionellen Denkmalpflege Zweifel am Erhalt mehrerer Standorte aufkommen dürften. Es stellt sich daher die Frage, welches der noch vorhandenen Kraftwerke besonders schützenswert ist. Dabei können sachgemäß alle gesetzlichen Bedeutungskriterien individuelle Schutzgründe der einzelnen Kernkraftwerke sein. Die genauere Betrachtung

zeigt jedoch, dass die wesentlichen Kriterien ganz allgemein und bauwerksunspezifisch den Denkmalwert von Zeugnissen der Kernenergie legitimieren.

So muss die von der konservatorischen Problematik am meisten berührte technische Bedeutung vornehmlich als allgemeiner Schutzgrund gelten. Denn unabhängig von der persönlichen Einstellung zur Kernenergie sind sie als ingenieurtechnische Leistung und als wichtige technische Entwicklung des 20. Jahrhunderts anzuerkennen. Galt es in der Nachkriegszeit, den menschenwürdigen Einsatz der Kernspaltung nachzuweisen, wurde die Technologie unter immenser staatlicher Förderung beispiellos vorangetrieben.²⁸ Dies erklärt das im internationalen Vergleich hohe technische Niveau der deutschen Reaktoren, das sich durch eine Vielzahl an aufgestellten Weltrekorden in Leistungsstärke, Verfügbarkeit und produzierter Strommenge belegen lässt.²⁹ Der immense sicherheitstechnische Aufwand, die besonderen Arbeitsbedingungen im Kontrollbereich, aber auch die einzigartige gesellschaftliche Rezeption dieser Technik seien als weitere wesentliche Argumente für einen Erhalt genannt.

Da sich Kernkraftwerke innerhalb ihres Reaktortyps technisch jedoch nicht wesentlich unterscheiden, ist eine Differenzierung wenig sinnvoll. Es handelt sich bei den noch vorhandenen Kernkraftwerken ausschließlich um evolutionär fortentwickelte Leichtwasserreaktoren der Kraftwerk Union AG, die zwischen 1984 und 1989 – also innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums – in Betrieb genommen wurden. Ohne sich in technische Details zu verlieren, kommt etwa eine Betrachtung nach dem Modell Axel Föhls zu dem Schluss, dass es weniger entscheidend ist, welches Kraftwerk erhalten wird, als generell ein Zeugnis dieser Technologie zu wahren.³⁰

Die geschichtliche Betrachtung kann hingegen zu beiden Aussagen führen. So zeigt einerseits das Beispiel Brokdorf, wie Kernkraftwerken ein besonderer objektbezogener Erinnerungswert innewohnen kann. Die Kundgebungen mit bis zu 100 000 Atomkraftgegnern in der abgeschiedenen Wils-termarsch, die in historischem Ausmaß eskalierten, haben das Kraftwerk zu einer Stätte eines wichtigen politischen Ereignisses gemacht.³¹ Der jahrelange Kampf, der mit dem Aufstieg der grünen Partei, der Wende der Position des ersten SPD-Landesverbandes und dem rechtsgeschichtlich bedeutende Brokdorf-Beschluss zu verbinden ist, unterstreicht die herausragende Bedeutung des Kraftwerks.

Andererseits galt der Kampf nie ausschließlich einem einzelnen Standort, sondern der grundsätzlichen Verhinderung von Kernenergie. Er eskalierte u. a. an Orten wie Brokdorf, wo sich die Nähe zur Großstadt Hamburg mit ihrer ausgeprägten links-autonomen Szene auf Art und Ausmaß der Proteste auswirkte (Abb. 10). Daher kann über die allgemeine Kernenergiekontroverse auch allgemein der Schutz ihres Erbes gerechtfertigt werden. Es muss nicht zwingend eines der besonders umkämpften Kraftwerke sein, um an die polarisierende Debatte zu erinnern, die die politische und gesellschaftliche Landschaft Deutschlands nachhaltig verändern



Abb. 9: Kernkraftwerk Philippsburg 2011.

sollte. Kernkraftwerke sind zu wichtigen Zeugnissen einer Geschichte geworden: der Epoche der großindustriellen Verwirklichung einer hoffnungsbeladenen Technologie und der gleichzeitig steigenden kritischen Reflexion in der Gesellschaft ab den 1970er Jahren. Die aufwendige Fortifikation bereits der Bauplätze aus Zaun- und Grabenanlagen

zeugen an allen Standorten nicht zuletzt von diesem innergesellschaftlichen Konflikt (Abb. 11).³²

Einige Schutzgründe können hingegen genuin nur den individuellen Denkmalwert eines Kraftwerks formen. So etwa die landschaftsprägende Bedeutung, die von Faktoren wie Gebäudegröße, -lage, Topographie und der umgebenden



Abb. 10: Brokdorf, Demonstration und Polizeieinsatz am 28. Februar 1981.



Abb. 11: Kernkraftwerk Brokdorf 2017, Graben- und Zaunanlage.

Vegetation abhängig ist, oder die Ortsbildprägende Bedeutung für die meist kleineren Ortschaften in der Umgebung (Abb. 12). Dies muss jedoch differenziert bewertet werden, da die ausgeprägte Fernwirkung dem ohnehin schon unbequemen Kernkraftwerk eine zusätzliche Bürde auferlegen kann. Die positiv-romantische Konnotation, wie sie anderen verklärten Zeugnissen der Industrialisierung innewohnt, fehlt Kernkraftwerken (noch).³³

Die künstlerische Bedeutung von Kernkraftwerken spielt in Deutschland nur eine untergeordnete Rolle. Internationale Beispiele, wie etwa der „La Boule“ genannte Réacteur 1 von Pierre Dufau in Chinon oder das KKW von Philipp Johnson in Rehovot in Israel zeigen, dass dies nicht immer der Fall sein muss.³⁴

Literatur

- Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) AtG, Fassung vom 15.07.1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert am 20.07.2017 (BGBl. I S. 2808).
- BR, Museum statt Abriss – Neue Idee für das AKW Grafenrheinfeld, Homepage des Bayerischer Rundfunk vom 29.5.2015, <http://www.br.de/nachrichten/unterfranken/inhalt/akw-grafenrheinfeld-museum-denkmal-100.html> (13.10.2015).
- BRENK Systemplanung, Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen, 3. Aufl., Aachen 2009.

Stefan BÜHLER, Denkmalschützer wollen beim Abbruch der Atomkraftwerke mitreden, in: Neue Zürcher Zeitung vom 19.06.2011.

Gabi DOLFF-BONEKÄMPER, Gegenwartswerte. Für eine Erneuerung von Alois Riegls Denkmalwerttheorie, in: Ingrid Scheuermann und Hans-Rudolf Meier (Hrsg.), DENKmalWERTE. Beiträge zur Theorie und Aktualität der Denkmalpflege, München 2010, S. 27–40.

E.ON, Stillelegung und Rückbau des Kernkraftwerks – vom Kernkraftwerk zur „Grünen Wiese“, Auflage 03. 2008.

EDF – CNPE de Chinon, La centrale nucléaire de Chinon – une production d’électricité au cœur de la région centre Val-de-Loire, Avoine 2017.

Axel FÖHL, Bauten der Industrie und Technik, Hrsg. Deutsches Nationalkomitee für Denkmalschutz, Bonn 1994.

Eberhard GRUNSKY, Kühltürme als Kulturgut, in: Das Denkmal als Altlast? Auf dem Weg in die Reparaturgesellschaft (ICOMOS-Hefte des deutschen Nationalkomitees XXI), München 1996, S. 115–125.

Uta HASSLER, Die Altlast als Denkmal?, in: Das Denkmal als Altlast? Auf dem Weg in die Reparaturgesellschaft (ICOMOS-Hefte des deutschen Nationalkomitees XXI), München 1996, S. 101–113.

Norbert HUSE, Unbequeme Baudenkmale: Entsorgen? Schützen? Pflegen?, München 1997.

IAEA – Internationaler Atomenergie-Organisation, PRIS – Power Reactor Information System, <https://www.iaea.org/pris/> (15.12.2017).



Abb. 12: Kernkraftwerk Grohnde 2011, Wesertal.

Matthias JUNG, Öffentlichkeit und Sprachwandel – Zur Geschichte des Diskurses über die Atomenergie, Düsseldorf 1991.

Paul LAUFS, Reaktorsicherheit für Leistungskernkraftwerke – Die Entwicklung im politischen und technischen Umfeld der Bundesrepublik Deutschland, Stuttgart 2013.

Dagny LÜDEMANN, Film „Unter Kontrolle“ – „Atomkraftwerke verdienen einen Platz im Museum“, in: Zeit Online vom 23.5.2011.

Julia Mareike NELES und Christoph PISTNER (Hrsg.), Kernenergie – Eine Technik für die Zukunft? (Technik im Fokus), Berlin 2012.

Eva NOWOTNY und Michael DAHL, Symbol Brokdorf. Die Geschichte eines Konflikts. Dokumentation einer Ausstellung, in: Demokratische Geschichte, Bd. 14, Malente 2001, S. 257–320.

Olaf OTTING, Wann ist ein Bauwerk ein Denkmal?, in: Der Sachverständige, 2004, S. 132 ff.

Michael PETZET, Das Denkmal als Altlast?, in: Das Denkmal als Altlast? Auf dem Weg in die Reparaturgesellschaft (ICOMOS-Hefte des deutschen Nationalkomitees XXI), München 1996, S. 17–19.

Joachim RADKAU und Lothar HAHN, Aufstieg und Fall der deutschen Atomwirtschaft, München 2013.

Alois RIEGL, Der moderne Denkmalkultus: Sein Wesen und seine Entstehung, Wien/Leipzig 1903.

Lars VON TÖME, Klare Ansage. Die Zeichen des Anti-Atom-Protests, in: Der Tagesspiegel vom 26.03.2011.

Quellen

BLfD-Archiv, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Korrespondenz mit TU München betr. Atom-Ei, München 2006–2009.

Abstract

Uncomfortable Legacy

The Monument Value of Nuclear Power Plants

Nuclear power plants are more than just technological and industrial monuments. In Germany the controversy about their usage has started a unique mass movement. The extraordinary reception in society, politics and media with many stakeholders allows a wide range of interpretations and attribution of value. This article aims to introduce some thoughts on the monument value of outgoing nuclear power plants.

Firstly, the monument quality is assessed on a legal basis. The positive opinion is only diminished by the question of future integrity, since radioactive contamination prevents the untouched preservation. Whilst the buildings and the many non-nuclear technical components can be maintained as such with an effort common in the preservation of industrial monuments, all installations specific for nuclear engineering are particularly affected by the conservation problems within the control area.

The physical exposure can also be listed as a reason for protection. Even in the debate on the legacy of coal and steel industry it was argued that evidence of wastage and pollution is especially worthy of preservation as a sign of voluntary trend reversal. Not a physical, but psychological burden has resulted from the longstanding and highly emotional debate on nuclear energy, dividing society and politics and escalating severely at times. The ideological charge of nuclear power plants has made the preservation uncomfortable but all the more necessary. Nuclear power plants prove in two ways that conflict can be of constructive use in a pluralistic society. Firstly, the longstanding dissent on nuclear power has finally led to the so-called “nuclear-consensus“, which is supported cross-party and by a large part of the population and is a part of an ambitious turnaround in energy policy. Secondly, the

intensity of the discussion allows to expect a conflict on how to handle the preservation of the structural legacy left behind by nuclear power as well as the continuing struggle for sovereignty of interpretation.

Besides these attributions of value which are generally valid for all nuclear power plants there are other criteria that can characterise the individual value of a nuclear power plant, e.g. a landscape or site defining function. The memorability of plants is depending on its construction.

The ideal is characterised by the recurring emblematic depiction of its constitution with a silhouette of the cooling tower and dome-shaped reactor building. Only the identification as nuclear power plant can trigger the variety of associations and emotions related to the controversy in each viewer, therefore construction is of special meaning. A nuclear power plant could function as intended monument for the movement and as a memorial for underground nuclear waste at the same time.

¹ LÜDEMANN, Unter Kontrolle, 2011.

² RIEGL, Denkmalkultus, 1903, S. 7.

³ RADKAU, HAHN, Atomwirtschaft 2013, S. 288.

⁴ Die Ausführungen basieren auf der Masterarbeit: Zum Denkmalwert von Atomkraftwerken – Chancen des Erhalts. Masterthesis Denkmalpflege, TU Berlin 2016.

⁵ OTTING, Denkmal?, 2004, S. 136.

⁶ Vgl. umfassend dazu RADKAU, HAHN, Atomwirtschaft, 2013 und LAUFS, Reaktorsicherheit, Stuttgart 2013.

⁷ Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz), § 7 Abs. 1, <https://www.gesetze-im-internet.de/atg> (abgerufen am 09.03.2018).

⁸ OTTING, Denkmal?, 2004, S. 136.

⁹ E.ON, Stade, 2008, S. 12.

¹⁰ Wobei unterschiedliche Grenzwerte gelten. Vgl. Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung), § 29, https://www.gesetze-im-internet.de/strlschv_2001/ (abgerufen am 09.03.2018).

¹¹ BRENK, Stilllegung, 2009, S.43 und EDF, Centrale, 2017, S. 5.

¹² NELES, Kernenergie, 2012, S. 64.

¹³ U.a. wurde ein „Konzept zum Denkmalschutz des Forschungsreaktors München I“ vom Eigentümer selbst, der TU München, ausgearbeitet. Vgl. BfD-Archiv, Korrespondenz 2006–2009.

¹⁴ Am Standort Rheinsberg muss selbst das Gebäude abgebrochen werden, da kontaminierte Leitungen in der Gebäudestruktur verlegt sind.

¹⁵ In PETZET, Altlast?, 1996, S. 17, wird Uta Hassler als Entwicklerin des Leitsatzes der gleichnamigen Tagung

des Deutschen Nationalkomitees von ICOMOS benannt. Vgl. auch HASSLER, Denkmal?, 1996.

¹⁶ HASSLER, Denkmal?, 1996, S. 103.

¹⁷ NELES, Kernenergie, 2012, S. 172.

¹⁸ PETZET, Altlast?, 1996, S. 17.

¹⁹ HUSE, Unbequeme Denkmale, 1997, S. 7 ff.

²⁰ Ebd. S. 11.

²¹ U.a. in BR, Museum, 2015.

²² U.a. in BÜHLER, Denkmalschützer, 2011.

²³ Zum Streitwert DOLFF-BONEKÄMPER, Gegenwartswerte, 2010, S.33 f.

²⁴ Ebd. S. 34.

²⁵ Vgl. JUNG, Öffentlichkeit, 1991, S. 107, und VON TÖME, Klare Ansage, 2011.

²⁶ GRUNSKY, Kühltürme, 1996, S. 119.

²⁷ Vgl. OTTING, Denkmal?, 2004, S. 135.

²⁸ Vgl. hierzu ausführlich RADKAU, HAHN, Atomwirtschaft, 2013.

²⁹ IAEA, PRIS, 2015.

³⁰ Im Modell Axel Föhls können Baulinie 69, Vor-Konvoi- und Konvoi-Anlagen als „Historisch typische Objekte“, die Konvoi-Anlagen zudem wie die Baulinie 72 als „Endglieder einer technischen Entwicklungsreihe“ betrachtet werden. Vgl. FÖHL, Industrie, 1994, S.24 f.

³¹ Zur Geschichte NOWOTNY, DAHL, Symbol Brokdorf, 2001, S.318.

³² In Brunsbüttel existiert eine zweite Zaunanlage, die einzig an Demonstrationen geschlossen wird.

³³ GRUNSKY, Kühltürme, S. 115.

³⁴ Vgl. zum Reaktor in Chinon: Biographisches und Oeuvre unter www.pierre-dufau.com (abgerufen am 09.03.2018).

Die Route der Industriekultur als Chance zur Bewahrung

Dominik Geppert

Beim Erbe der Kernkraft wird meist an radioaktive Reststoffe in gelben Fässern gedacht, welche fein säuberlich in End- oder Zwischenlagern aneinander gereiht stehen und auf das Eintreten des radioaktiven Zerfalls warten. Doch ist dieses Erbe wesentlich größer und weitergefasst als es scheint. Es stellt sich die Frage, was getan werden muss, um Gemeinsamkeiten aufzuzeigen, um auf den ersten Blick inkohärente Sachverhalte in Verbindung zu setzen.

Eine kerntechnische „Route der Industriekultur“ kann als Chance zur Bewahrung eines technischen, wissenschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Erbes gesehen werden. Deswegen soll der Fokus nicht ausschließlich auf Kernkraftwerksanlagen und deren Gebäudeteile gerichtet werden, sondern vielmehr über die Grenzen der Anlagen hinaus, entlang der Produktionskette der Stromerzeugung – von den Tagebauen und Aufbereitungsanlagen des Urans, über die Orte der Energiegewinnung bis hin zu den umstrittenen Endlagerstätten. Welche Glieder der nuklearen Wertschöpfungs-

fungskette existieren in Deutschland? Und welche weiteren Elemente gilt es mit in den Kontext der Kernenergie aufzunehmen, um so eine Art größer gefasste Sachgesamtheit zu definieren?

Die Idee der Kernenergie als Route der Industriekultur entstand in Anlehnung an die *European Route of Industrial Heritage* (ERIH). Dieses Netzwerk wurde 1999 ins Leben gerufen und zusammen mit Partnern aus Großbritannien, Niederlande, Belgien und Deutschland war das Ziel gesetzt, Regionen Orte und Objekte der Industriegeschichte vorzustellen und im Freizeit- und Tourismusbereich als Ausflugsziel zu etablieren. Maxime ist weniger der Erhalt, sondern mehr das tourismuswirtschaftliche Potenzial des industriellen Erbes auszuschöpfen, um so dem wirtschaftlichen Zerfall in den Regionen entgegenzuwirken.¹

Die Recherche zeigte, dass Deutschland bereits alles bietet, um die gesamte Wertschöpfung – vom Uranerz bis zum elektrischen Strom – zeigen zu können und so Landschaften und Gebiete, deren Antlitz von der Industriegeschichte geformt wurden, erlebbar zu machen. Zur besseren Orientierung wurden die einzelnen Stationen in übergefasste Themen sortiert, was eine Art Inventar des nuklearen Erbes der Kernenergie in Deutschland darstellt. Aufgrund des Umfangs dieser Publikation können Orte und Objekte jedoch nur grob und nicht in aller Detailschärfe beschrieben werden.

Route der Produktion

In dieser Übersicht sollen die Standorte aller Anlagen gezeigt werden, welche zur Brennstoffherstellung und Brennstoffbeseitigung notwendig sind (Abb. 1 und Tab. 1).

Wismut-Region

Als Wismut-Region werden die großflächigen Anlagen in Thüringen und Sachsen bezeichnet, welche zum Abbau über und unter Tage dienten. Die sowjetische Armee ließ schon 1946 Uranerz aus den alten Silberstollen und Halden des Erzgebirges fördern.² Mit zeitweise über 100 000 Beschäftigten wurde Erz für das Atomprogramm der UdSSR gewonnen.³ Mitte der 1960er Jahre war die Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft WISMUT (SDAG WISMUT) dann der drittgrößte Uranerzproduzent der Welt. Die Wiedervereinigung 1990 führte zur sofortigen Einstellung des Förderbe-



Abb. 1: Stätten der Produktion.

Tabelle 1: Anlagen des Urankreislaufs.

Standort	Betreiber	Status
Uranerzgewinnung		
Schlema	WISMUT GmbH	} in Stilllegung bzw. beseitigt
Pöhl	WISMUT GmbH	
Königstein	WISMUT GmbH	
Freital	WISMUT GmbH	
Drosen	WISMUT GmbH	
Ronneburg	WISMUT GmbH	
Uranerzaufbereitung		
Crossen	WISMUT GmbH	} in Stilllegung bzw. beseitigt
Seelingstädt	WISMUT GmbH	
Ellweiler	Gewerkschaft Brunhilde	
Urananreicherung		
Gronau	Urenco	in Betrieb
Konditionierungsanlage		
Gorleben PKA	Gesellschaft f. Nuklear-Service mbH	in Betrieb
Wiederaufbereitung		
WAK Karlsruhe	WAK GmbH	im Rückbau
WAW Wackersdorf		in Bauphase aufgegeben
Brennelementeherstellung		
NUKEM-Alt, Hanau	NUKEM	Betrieb 1962–88; beseitigt
NUKEM 2, Hanau	NUKEM	kein Betrieb
HOBEG, Hanau	HOBEG	Betrieb 1973–88; beseitigt
U-Werk, Hanau	Siemens	Betrieb 1969–95; beseitigt
MOX-Anlage (alt), Hanau	Siemens	Betrieb 1969–91; beseitigt
MOX-Anlage (neu), Hanau	Siemens	in Bauphase aufgegeben
BE-Werk Karlstein	Siemens	Betrieb 1963–93; stillgelegt
ANF Lingen	ANF	Betrieb seit 1979
Brennelemente-Zwischenlager		
Ahaus	Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH	} In Betrieb
Gorleben	Brennelementlager Gorleben GmbH	
Jülich	Forschungszentrum Jülich	
Greifswald	Energiewerke Nord GmbH	
Zwischenlager f. Abfälle m. vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (Außerhalb v. KKW-Standorten)		
Ahaus	Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH	} In Betrieb
Gorleben	Brennelementlager Gorleben GmbH	
Hanau	Nuclear+Cargo Service GmbH	
Karlsruhe	WAK GmbH	
Greifswald	Energiewerke Nord GmbH	
Mitterteich	Freistaat Bayern	
Landessammelstellen	Bundesländer	
Endlager für nicht-wärmeentwickelnde Abfälle		
Morsleben	Bundesamt für Strahlenschutz	1971–91 1994–98
Konrad, Salzgitter	Bundesamt für Strahlenschutz	in Vorbereitung
Asse, Wolfenbüttel	Bundesamt für Strahlenschutz	1967–78
Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle		
Gorleben	Bundesamt für Strahlenschutz	Standorterkundung
Endlager für nicht-wärmeentwickelnde Abfälle		
Morsleben	Bundesamt für Strahlenschutz	1971–91 1994–98; in Schließung
Konrad, Salzgitter	Bundesamt für Strahlenschutz	in Vorbereitung
Asse, Wolfenbüttel	Bundesamt für Strahlenschutz	1967–78; in Schließung

triebes und hinterließ zirka 1.500 km offene Grubenbaue, 311 Millionen Kubikmeter Haldenmaterial und 160 Millionen Kubikmeter radioaktive Schlämme in dicht besiedelten

Gebieten.⁴ Die derzeit andauernden Rekultivierungsarbeiten sind im Bergbau und Umweltschutz weltweit einzigartig und sollen bis 2020 abgeschlossen sein (Abb. 2).

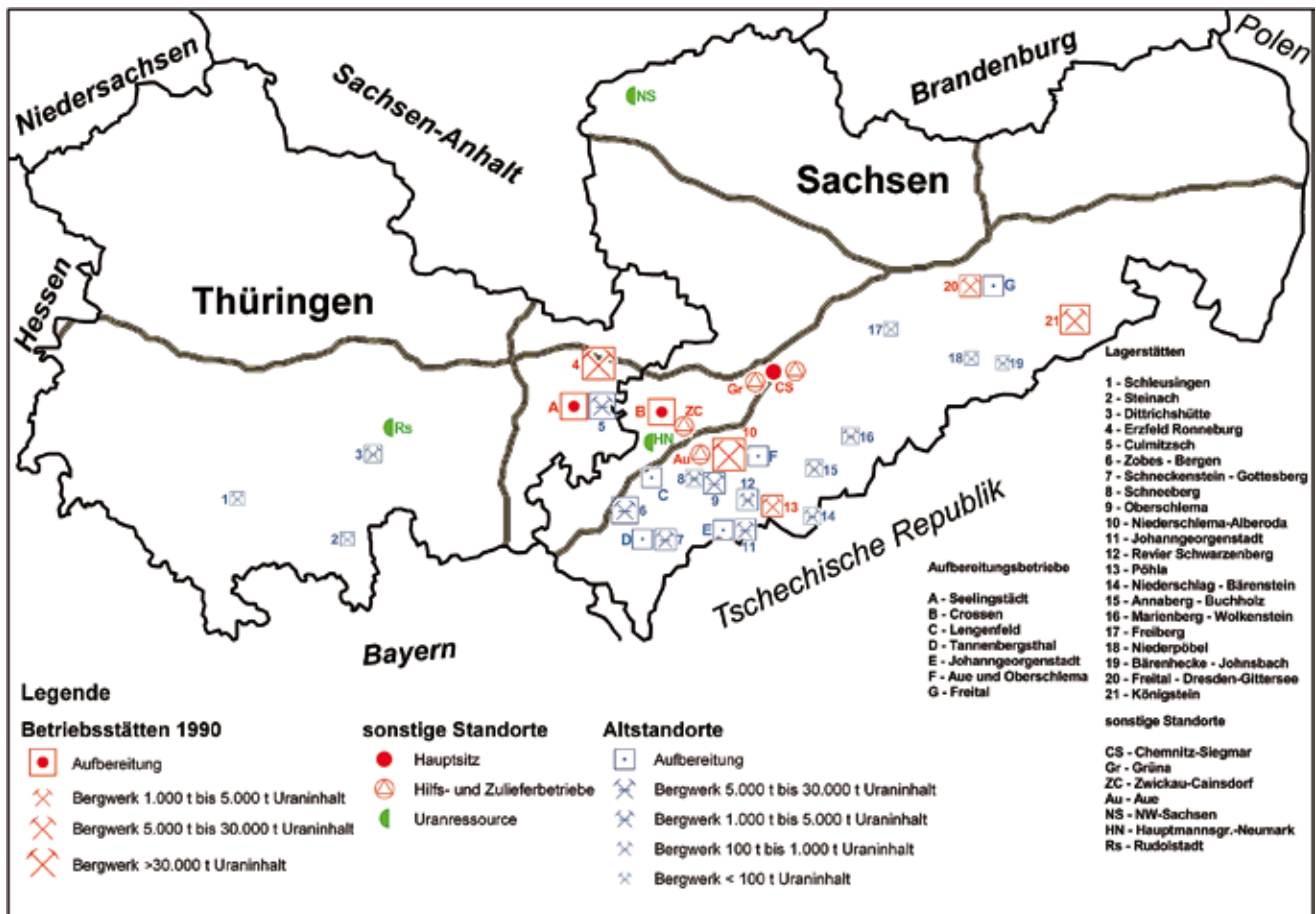


Abb. 2: Übersicht der Abbaugelände der ehemaligen SDAG.

In einer kleinen regionalen Wanderoute der Gemeinde Bad Schlema zeichnen sich touristische Einsatzmöglichkeiten ab. So lässt sich der Sanierungsprozess in einer circa zweistündigen Tour anhand eines Lehrpfades nachvollziehen.⁵ Auch kleinere Museen und Schaubergwerke haben sich in der Region etabliert.

Wiederaufbereitungsanlage Karlsruhe WAK

Die im Jahr 1971 zur Sammlung von Erfahrungen bei der Wiederaufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe in Betrieb genommene Pilotanlage wurde 1990, nachdem die deutschen Energieversorgungsunternehmen auf den Weiterbau der Wiederaufbereitungsanlage Wackersdorf verzichtet hatten, wieder geschlossen.⁶ Der Rückbau zur „grünen Wiese“ soll bis zum Jahr 2023 abgeschlossen werden.⁷

Zentrale Zwischenlager

Die drei in Deutschland betriebenen Zwischenlager sind Ahaus, Gorleben und das Zwischenlager Nord. An allen Standorten dienen oberirdische Stahlbetonhallen zur Lagerung.

Endlager für nicht-wärmeentwickelnde Abfälle

Endlager Morsleben

Das ehemalige Salzbergwerk wurde von 1986 an mit einer rechtlich bedingten Unterbrechung bis 1998 als Endlager betrieben. Insgesamt wurden 36 800 m³ feste Abfälle und mehr als 6 600 umschlossene Strahlenquellen eingelagert.⁸

Endlager Schachtanlage Asse

Im ehemaligen Salzbergwerk Asse II wurden zwischen 1967 und 1978 insgesamt 47 000 m³ schwach- und mittelaktive Abfälle eingelagert. Die Anlage diente der Versuchseinlagerung sowie als Forschungsbergwerk.⁹ Seit 2009 ist das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) für die unverzügliche Stilllegung verantwortlich, was jedoch erst nach Bergung der radioaktiven Abfälle möglich sein wird.¹⁰

Endlager Konrad

Für den zwischen 1965 und 1976 als Erzbergwerk genutzten Schacht Konrad wurde nach einem 20-jährigen Planfeststellungsverfahren 2002 die Genehmigung zur Einlagerung für 303 000 Kubikmeter radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung erteilt.¹¹ Seit 2010 sind die Umrüstarbeiten zur Errichtung des Endlagers im vollen Gange.¹²



Abb. 3: Luftbildaufnahme Schacht Konrad.

Mit einer Inbetriebnahme wird für 2019 gerechnet.¹³ Nach einer geplanten Betriebszeit von etwa 40 Jahren soll das Endlager dann dauerhaft verschlossen werden.¹⁴

Das Wahrzeichen der Schachtanlage, das große Doppelstrebengerüst (Förderturm), steht als Landmarke und letztes noch erhaltenes Fördergerüst aus den frühen 1960er Jahre um Salzgitter unter Denkmalschutz. Für die jetzige Umnutzung des Bergwerks wird der Förderturm saniert und modernisiert (Abb. 3).¹⁵

Endlager Gorleben (Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle)

In Niedersachsen befindet sich der Salzstock Gorleben. Da in Gorleben nie Salz abgebaut wurde, ist die geologische Struktur unversehrt, was den Salzstock für die Nutzung als Endlager sehr attraktiv macht. Seit 1979 werden im Raum Gorleben geowissenschaftliche Erkundungsarbeiten durchgeführt, welche zwischen 2000–2010 aufgrund eines Moratoriums unterbrochen wurden. 2020 wird mit einer Eigenschaftsaussage gerechnet.¹⁶

Stätten der Energie

In Hinblick auf die Denkmalfähigkeit bei den Energieproduktionsstätten, stellt sich die Frage, ob es nicht von Vorteil wäre, einen noch nie angelaufenen Reaktor zu haben, um dort die Technologie erlebbar zu machen? Doch ist selbiges



Abb. 4: Stätten der Energie.

nicht auch mit bereits heruntergefahrenen Reaktoren möglich – vielleicht sogar besser? Schließlich habe man sonst lediglich einen sterilen Raum ohne jegliches Zeugnis der Arbeit. Für die Authentizität des Kernkraftwerks ist dies von essenzieller Bedeutung. Deswegen und um der Notwendigkeit der gebotenen Eile etwas Nachdruck zu verleihen, seien hier die letzten sieben aktiven Kernkraftwerke Deutschlands mit ihren jeweiligen Abschaltjahren verzeichnet (Abb. 4).

Stätten der Forschung

Museen dienen der Veranschaulichung von Grundlagen, Geschichte und Wissen, welches wiederum an den Forschungseinrichtungen gewonnen wurde. Ohne die Forschungszentren wie Jülich oder Karlsruhe hätte es keine evolutionäre oder revolutionäre Reaktorentwicklung gegeben und einige Reaktortypen wären nie gebaut worden (Abb. 5).

Museen in Deutschland

Uranbergbau-Museum

In dem 1996 in Bad Schlema eröffneten Museum, welches durch umfangreiche originale Anschauungsobjekte und einer Fülle an Dokumentationen Einblicke in die Arbeits- und Lebensbedingungen der Wismut-Kumpel gibt, kann die Geschichte des Bergbaus von den Anfangsjahren bis in die heutige Zeit nachvollzogen werden. Zudem zeigt es den Wandel

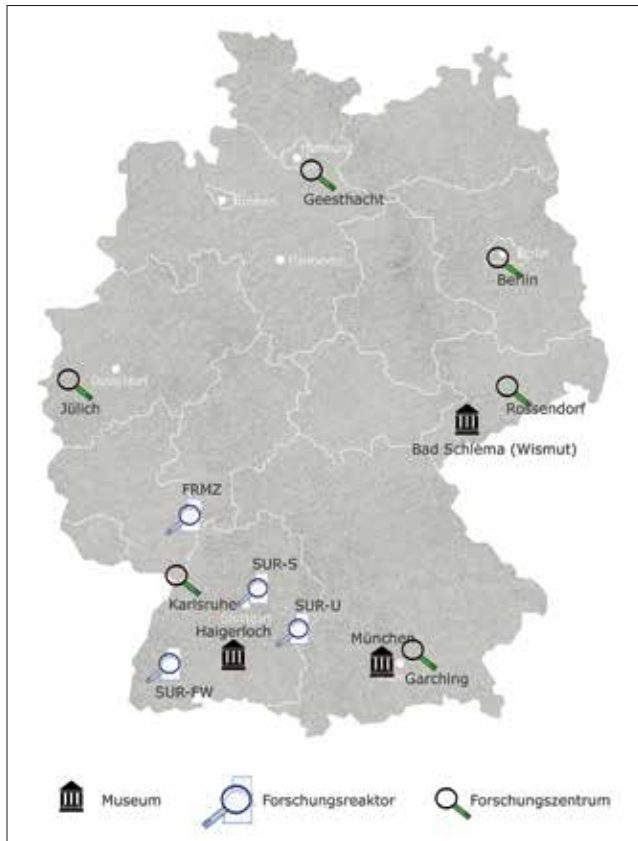


Abb. 5: Stätten der Forschung.

Abb. 6: Rekonstruierter Versuchsreaktor
im Atomkeller-Museum.

der Wismut GmbH, welche nun anspruchsvolle Sanierungs- und Revitalisierungsaufgaben zu erfüllen hat.¹⁷

Atomkeller-Museum

Im Felsenkeller des heutigen Atomkeller-Museum unterhalb des Schlosses in Haigerloch waren während der Endphase des Zweiten Weltkrieges die Forscher des Uranprojektes um Werner Heisenberg und Karl Weizsäcker untergebracht. Aufgrund der Bombardierung Berlins wurde ein Schwerwasserreaktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik im März/April 1945 in diesem Geheimversteck aufgebaut.¹⁸ Seit 1980 können neben einer Rekonstruktion des Forschungsreaktors auch zwei originale Uranwürfel, von denen damals 644 an Drähten aufgehängt und in ein drei Meter breites Becken getaucht worden, betrachtet werden (Abb. 6).

Deutsches-Museum

Auch das Deutsche Museum in München zeigt die geschichtliche Entwicklung der Kernkraftnutzung in Deutschland. Anhand des Urankreislaufs werden der Abbau, die Aufbereitung und die Entsorgung des Brennstoffs vermittelt.

Mit Hilfe eines originalgetreuen Nachbaus eines Druckwasserreaktors können die erforderlichen Komponenten zum Aufbau dieses Reaktortyps und deren Zusammenwirken erklärt werden.¹⁹

Forschungsreaktoren

Im Laufe der Geschichte wurden in Deutschland insgesamt 46 Forschungs- oder Kleinreaktoren verschiedener Größen in Betrieb genommen, viele davon befinden sich derzeit in Stilllegung oder sind bereits zurückgebaut worden.²⁰ Gegenwärtig sind noch drei sogenannte Unterrichtsreaktoren und vier Forschungsreaktoren in Betrieb.

Forschungsreaktor München FRM

Der am 31. Oktober 1957 in Betrieb genommene Forschungsreaktor München (FRM) war der erste Reaktor Deutschlands.²¹ Es handelte sich um ein bei einem amerikanischen Unternehmen für 1,36 Millionen DM gekauften leichtwassermoderierten Schwimmbadreaktor.²² Im Jahr

1997 erfolgte die bisher einzige förmliche Eintragung eines Reaktors in eine deutsche Denkmalliste:

„Forschungs- und Versuchsreaktor für Atomenergie mit Ringlabor, sog. Atomei, eiförmiger Kuppelbau in Eisenbeton mit Aluminiumverkleidung, von konzentrischem Ring eingeschossiger Laborgebäude umfassen und mit überdachten Eingängen in den Hauptachsen, von Gerhard Weber und Wolfgang Ende, 1956/57.“²³

Lediglich einmal im Jahr darf der Campus von Besuchern betreten werden, um aktuelle Forschungsarbeiten aus der Nähe zu betrachten.

Forschungsreaktor RFR Rossendorf

Nach der Wiedervereinigung wurde aus dem Zentralinstitut für Kernforschung (ZfK) das Forschungszentrum Dresden-Rossendorf, welches die Trägerschaft über insgesamt drei Reaktoren hatte. Inzwischen wird auch der Rossendorfer Forschungsreaktor (RFR) zurückgebaut. Heutige Forschungsschwerpunkte des Instituts sind Material- und Grundlagenforschung.²⁴ Das Forschungszentrum hat keine festen Besucherführungen, es werden jedoch Informationsveranstaltungen angeboten.²⁵

Forschungszentrum Jülich

Gleich zwei Forschungsreaktoren wurden in Jülich betrieben, der FRJ-1 „MERLIN“ und der schwerwassermoderierte FRJ-2 „DIDO“.²⁶ Das Forschungszentrum Jülich war maßgeblich an der Entwicklung des Hochtemperaturreaktors in Hamm-Uentrop beteiligt.²⁷ Es werden Führungen zu den Themenbereichen Bioökonomie, Gesundheit, Energie und Klima angeboten.²⁸

Forschungszentrum Karlsruhe

Die Fertigstellung des Forschungsreaktor 2 (FR-2) war auch die Geburtsstunde des Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK), des heutigen Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Als Natururan betriebener Schwerwasserreaktor war er die erste deutsche Eigenentwicklung überhaupt. Zudem wurde im KIT die Grundlagenforschung für den „Schnel-

len Brüter“ in Kalkar betrieben. Das KIT bietet Besucherführungen an und mit etwas Glück kann eine Kerntechnikschau in der ehemaligen Reaktorhalle des FR-2 besichtigt werden.²⁹

Siemens Unterrichtsreaktor SUR

Die Siemens Unterrichtsreaktoren werden mit etwa 3,4 kg auf ca. 20 Prozent angereichertem Uran-235 betrieben. Sie besitzen eine Dauerleistung von 0,1 Watt und können eine Spitzenleistung von 1 Watt erreichen. Ihr Zweck ist die kerntechnische Ausbildung. Es wurden zwölf SUR-100 in Deutschland betrieben.³⁰

Forschungszentrum Berlin BER

Das Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie betreibt den Forschungsreaktor BER II noch bis Ende 2019 für Experimente mit Neutronen- und Photonenstrahlung, danach wird mit den Rückbaumaßnahmen begonnen. Führungen werden keine angeboten.³¹

Das Potenzial einer Route der Kernindustrie-Kultur

Wie die vorgestellten Themenrouten gezeigt haben, ist genügend Potenzial für eine ganzheitliche kerntechnische Route in Deutschland vorhanden. Auf dieser Grundlage wurde eine ca. 1 000 Straßenkilometer lange Route quer durch Deutschland entworfen.

So könne die Route im Deutschen Museum in München beginnen und von dort aus nach Garching zum unter Denkmalschutz stehenden Reaktorgebäude des FRM-1 führen (Abb. 7). Anschließend geht es zum Marterl³² von Wackerdorf, welches exemplarisch für die Widerstandsbewegung steht, denn anders als hier bleibt von den Protesten meist kein bauliches Zeugnis (Abb. 8).

Zum „Bergfest“ der Route findet man sich im Bergbaumuseum in Bad Schlema ein, in welchem man sich mit bergbaulichen Sitten, Bräuchen und Techniken befassen



Abb. 7: Der Forschungsreaktor München I (FRM I) auf dem Gelände der Technischen Universität München.



Abb. 8: Anti-WAA-Wackersdorf-Franziskus-Marterl.

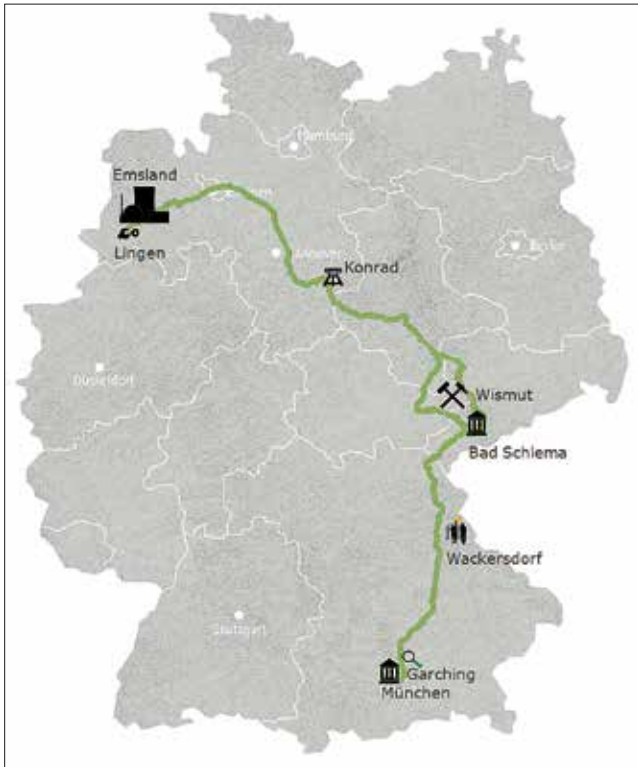


Abb. 9: Ein Vorschlag der kerntechnischen Route der Industriekultur.

kann, um anschließend selbst ein Bild von den Arbeiten zur Rekultivierung des ehemaligen Uranabbaus zu bekommen. Aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten in den großflächigen Wismut-Gebieten teilt sich die Route an dieser Stelle, um dann – wieder vereint – den denkmalgeschützten Förderturm des Endlagers Schacht Konrad zu besichtigen. Das Highlight der Route bildet das Kernkraftwerk Emsland, welches ein noch aktiver Konvoi-Druckwasserreaktor mit Kühlturm und ikonischem kuppelförmigen Reaktorgebäude ist. Zudem werden vom kraftwerkseigenen Besucherzentrum Führungen angeboten. Zum „Abklingen“ geht es danach in das nahe gelegene Lingen, wo sich die letzte betriebene Brennelementfertigungsanlage Deutschlands befindet (Abb. 9).

Literatur

- Markus BORLEIN, Kerntechnik: Grundlagen, 2. überarbeitete Auflage, Würzburg 2011.
- Julia Mareike NELES/Christoph PISTNER (Hrsg.), Kernenergie – Eine Technik für die Zukunft?, Reihe: Technik im Fokus, Berlin 2012.

Arno SCHÜTZE, Arno, Der Atomkeller von Haigerloch, in: Stern vom 03.08.2005.

Karl G. TEMPEL, Kernenergie in Der Bundesrepublik Deutschland: Historische Entwicklung, Nutzen und Risiken, Die Kernenergie Diskussion in politischen Parteien und Gesellschaftlichen Gruppen, Berlin: Landeszentrale für Politik, Bildungsarbeit, 1981.

Stefan THIERFELDT/Frank SCHARTMANN, Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen – Erfahrungen und Perspektiven, 3. neu bearbeitete Auflage, Aachen 2009.

Abstract

The Route of Industrial Culture as an Opportunity for Preservation

Nuclear heritage is mostly thought to be yellow barrels neatly stacked in final nuclear disposal sites and waiting for its onset of radioactive decay. But this heritage is much larger and wider than it seems. The question then arises what needs to be done to identify similarities and to link incoherent information at first sight.

A nuclear route of industrial heritage can be seen as an opportunity to preserve a technical, scientific, political and social heritage. Therefore, the focus should not exclusively be on nuclear power plants and their parts of buildings, but rather beyond the boundaries of the plants. Along the production chain of power generation - from the opencast mining and processing plant of uranium, via the places of energy production to the controversial final nuclear disposal sites. Which links of the nuclear production chain exist in Germany? And what other elements should be included in the context of nuclear energy in order to define a sort of larger aggregate of things?

The idea of nuclear energy as a route of industrial heritage was based on the European Route of Industrial Heritage (ERIH). This network was founded in 1999 together with partners from Great Britain, the Netherlands, Belgium and Germany. The goal was to develop regions, places and objects of industrial history and to establish them as a tourist destination. The maxim is not to preserve but to exploit the tourism-economic potential of the industrial heritage in order to prevent the economic decline in those regions.

As our research has shown, Germany has already everything in order to showcase the entire value creation – from the uranium to the power, and enable to experience landscapes and surfaces whose faces were shaped by industrial history. With this overview of the German nuclear facilities, a variant of a possible route will be shown in order to create an awareness of the finiteness of things, since the last German nuclear power plant will be shut down already in 2022.

- ¹ Vgl. Homepage ERIH, <https://www.erih.de/ueber-erih/das-routensystem/> (abgerufen am 12.03.2018).
- ² Vgl. THIERFELDT/SCHARTMANN, Stilllegung, 2009, S. 20.
- ³ Vgl. http://www.wismut.de/de/sag_wismut.php (abgerufen am 12.03.2018).
- ⁴ Vgl. Homepage der Wismut GmbH, http://www.wismut.de/de/sanierung_aufgaben.php (abgerufen am 12.03.2018).
- ⁵ Vgl. Homepage der Wismut GmbH, <http://www.wismut.de/de/bergbau-sanierungslehrgang.php> (abgerufen am 12.03.2018).
- ⁶ Vgl. THIERFELDT/SCHARTMANN, Stilllegung, 2009, S. 71ff.
- ⁷ Vgl. BUND Landesverband Baden-Württemberg e.V., <http://archiv.bund-bawue.de/themen-projekte/atomkraft/atomanlagen-der-region/wak-karlsruhe/> (abgerufen am 12.03.2018).
- ⁸ THIERFELDT/SCHARTMANN, Stilllegung, 2009, S. 94.
- ⁹ Ebd., S. 95 f.
- ¹⁰ Vgl. Bundesamts für kerntechnische Entsorgungssicherheit, https://www.bfe.bund.de/DE/ne/endlager/ueberwachung/zustaendigkeiten/zustaendigkeiten_node.html (abgerufen am 12.03.2018).
- ¹¹ NELES / PISTNER, Kernenergie, 2012, S. 176.
- ¹² BORLEIN, Kerntechnik, 2011, S. 322.
- ¹³ NELES / PISTNER, Kernenergie, 2012, S. 176.
- ¹⁴ BORLEIN, Kerntechnik, 2011, S. 322.
- ¹⁵ Vgl. Homepage GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH: <http://www.endlagerung.de/language=de/6729/umbau-zum-endlager> (abgerufen am 12.03.2018).
- ¹⁶ Vgl. BORLEIN, Kerntechnik, 2011, S. 323 ff.
- ¹⁷ Vgl. Homepage des Uranbergbau Museums: <http://www.uranerzbergbau.de/uranbergbau/startframe.htm> (abgerufen am 12.03.2018).
- ¹⁸ Vgl. SCHÜTZE, Atomkeller, 2005.
- ¹⁹ Vgl. Homepage des Deutschen Museums, <http://www.deutsches-museum.de/ausstellungen/werkstoffe-energie/energietechnik/kernenergie/> (abgerufen am 12.03.2018).
- ²⁰ Vgl. THIERFELDT/SCHARTMANN, Stilllegung, 2009, S. 10.
- ²¹ Ebd., S. 66.
- ²² Vgl. TEMPEL, Kernenergie, 1981, S. 256.
- ²³ Eintrag D-1-84-119-13, in: Denkmalliste Garching b. München, Regierungsbezirk München, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Stand 10.07.2015.
- ²⁴ THIERFELDT/SCHARTMANN, Stilllegung, 2009, S. 66.
- ²⁵ Vgl. Homepage Helmholtz Zentrum Dresden Rossendorf, <https://www.hzdr.de/db/Cms?pNid=2825> (12.03.2018).
- ²⁶ THIERFELDT/SCHARTMANN, Stilllegung, 2009, S. 62.
- ²⁷ Vgl. Homepage Forschungszentrum Jülich, http://www.fz-juelich.de/portal/DE/UeberUns/selbstverstaendnis/verantwortung/nukleares-erbe/_node.html (abgerufen am 12.03.2018).
- ²⁸ Vgl. Homepage Forschungszentrum Jülich, http://www.fz-juelich.de/portal/DE/Service/Besucherbetreuung/_node.html (abgerufen am 12.03.2018).
- ²⁹ Vgl. Homepage des KIT, <http://www.kit.edu/kit/campus-fuehrungen.php> (abgerufen am 12.03.2018).
- ³⁰ Vgl. THIERFELDT/SCHARTMANN, Stilllegung, 2009, S. 67 f.
- ³¹ Vgl. Homepage des Helmholtz-Zentrums Berlin, https://www.helmholtz-berlin.de/quellen/ber/index_de.html (abgerufen am 12.03.2018).
- ³² Wurde schon zu Beginn der Demonstrationen (1985–1989) errichtet; Grund: Es wurde ein zentraler Treffpunkt in der Nähe des Bauplatzes benötigt.

England's Atomic Age.

Securing its Architectural and Technological Legacy

Wayne D. Cocroft

Introduction

This paper presents a brief overview of places in England that have been associated with atomic research, including the early nuclear weapons programme, and especially those places that have been afforded statutory protection. It describes the infrastructure of the civil nuclear power industry and how this legacy is being remediated to release land for new uses. It concludes with a discussion of how Historic England's strategy for the documentation of post-war coal and oil-fired power stations that might be applied to the nuclear sector.

Early history

From the late 19th century scientists in the United Kingdom were part of an international community of pioneers working to understand the structure of the atom. Important centres included the physics building at the University of Manchester, built in 1900, where Ernest Rutherford, a New Zealander, worked with colleagues, such as Niels Bohr. The Cavendish Laboratory at Cambridge, built in 1878, was another important hub, firstly under J J Thomsom who discovered the electron in 1897; in 1919 Rutherford moved from Manchester to become its director. It was under his leadership in 1932 that John Cockcroft and Ernest Walton split the atom. Both laboratories are protected as listed buildings; the primary reason for their selection was their architectural interest, although the historical significance of the research carried out in the buildings is acknowledged.

During the 1930s the numbers of this already cosmopolitan group was swelled by émigré European scientists fleeing Nazi oppression. They included Rudolf Peierls and Otto Frisch, who while working at the University of Birmingham, wrote a paper 'On the construction of a super bomb', alerting the British government to the possibility of a uranium bomb.¹ The idea apparently originated from a conversation between Frisch and his aunt Lisa Meitner, formerly of the Kaiser Wilhelm Institute for Chemistry, Berlin.²

A government committee was quickly established to examine the feasibility of constructing such a weapon. It reported back in July 1941, and in September Churchill authorised work to proceed. Most of the research was carried out on the government's behalf by ICI, university departments, and in a poison gas factory at Rhydymwyn in North

Wales where a pilot uranium isotope separation plant was constructed.³ The building has been listed by Cadw.

For many reasons, including cost, the threat from aerial bombing and concerns that vital resources would be drawn away from more pressing tasks British knowledge and scientists were transferred to the US atomic bomb project – the Manhattan Project. But, after the passing of the McMahon Act in 1946 the UK was denied access to US atomic work and embarked on its own nuclear weapons programme. During this period the weapons and civil research programmes often worked closely together drawing on a relatively small pool of scientific experts.

The development of the British atomic bomb

The early research facilities allocated to the project were modest and included a small section of the Royal Arsenal, Woolwich, and a redundant 19th century fortification, Fort Halstead, Kent. At the latter site a number of specially designed buildings survive and represent some of the earliest structures associated with a nuclear weapons programme (Fig. 1). On the Thames marshes the project was allocated an enclave within a larger military firing range. Here too a series of unprepossessing test structures were built, including the building in which the United Kingdom's first atomic bombs were assembled in summer of 1952 before they were shipped to the Monte Bello Islands, Australia, for testing (Fig. 2).

In common with many other post-war British high tech projects, through its association with defence there was close government involvement in the development of the nuclear industry. There was obvious national pride in technological achievement; science and high politics also came together as successive British prime ministers sought to re-establish the special nuclear relationship with the United States. If this goal was to be achieved the efforts of British scientists and industry was crucial. At the heart of these efforts lay the research establishments, which in turn created new and alien landscapes. In preparation for the 1956 Buffalo Trials, in which the United Kingdom would detonate her first air dropped atomic bomb, a requirement was identified for facilities to simulate the conditions a bomb might experience during flight. New laboratories were built on the east coast at Orford Ness, Suffolk (Fig. 3). This site is now scheduled



Fig. 1: Fort Halstead, Kent, the purpose-built building in which the components for Britain's first atomic bomb – Blue Danube – were assembled (2008). The building is listed.



Fig. 2: Atomic Weapons Research Establishment, Foulness, Essex, building X6 in which the live high explosive elements of Britain's first atomic bomb were assembled (2007). The building is scheduled.



Fig. 3: Orfordness, Suffolk, in the distance is an early 1960s test laboratory, or pagoda, used for the physical testing of nuclear weapons and their components (2007).

and in the care of the National Trust. Although not the direct subject of this paper, a number of sites associated with the storage, maintenance, and deployment of nuclear weapons have also been protected in England.

The civil nuclear programme

At a time when the country was virtually bankrupt from its wartime expenditure, the decision of January 1947 to proceed with a British atomic bomb project required a large industrial base of novel factories. To speed up construction the new facilities were built on sites already owned by the government, including airfields and munitions factories, which offered basic infrastructure as well as accommodation for work force. In the north west of England a uranium enrichment plant was built at Capenhurst, Cheshire, and a fuel production facility at Springfields, Lancashire. In August 1947, the Ministry of Supply announced that the country's plutonium factory was to be built on the site of a former TNT factory at Sellafield, Cumbria (Fig. 4).⁴

Initially, the assumption was that the plutonium plant would follow the design of wartime United States' Hanford piles, which were graphite moderated and water-cooled. However, there were safety concerns about this design, and although gas cooled technology appeared to be a promising

line of research, due to the need to bring the reactors quickly into service air-cooling was chosen. Construction began in September 1947 and just over three years later in October 1950 Pile 1 went critical. These piles were exclusively for plutonium production and by August 1952 sufficient plutonium was available for Britain's first nuclear test in October of that year.

In addition to its warlike potential, the British government and scientists were keen to exploit this new technology to create new wealth and as a source of power. In October 1945, it was announced that Britain was to build an atomic research and experimental establishment. The site chosen was at a former airfield at Harwell, Oxfordshire. The main purpose of the establishment was to study and develop reactor technology. In its heyday Harwell boasted 14 research reactors, and later an additional research centre was built at Winfrith, Dorset. At Culham, Oxfordshire, a new centre was established devoted to cold fusion technology, and today is home to JET, the Joint European Torus.

Although, gas cooling had been rejected for the first plutonium production piles, for power generation it offered many advantages. Pressurised gas is more efficient in removing heat, especially if combined with finned fuel cans. It was this design that was chosen for the next generation of plutonium production reactors, which would also produce electricity as a by-product.



Fig. 4: Sellafield, Cumbria, in the late 1940s the site of a disused wartime TNT was taken over for the Windscale Piles built for the production of plutonium (1954). In 1957, they were to achieve notoriety as the scene of Britain's worst nuclear accident.



Fig. 5: Map showing the principal nuclear sites in the United Kingdom.

The first station of this design was built adjacent to the Windscale piles at Calder Hall, Cumbria, and was opened by the Queen in October 1956, and was the world's first large nuclear power plant connected to a national electricity grid. However, along with Chapelcross, Dumfriesshire, it was also part of the weapons programme and ran on a plutonium production cycle until 1964, and for a short time during the 1970s.

In 1955, the government announced it was to embark on a major civil nuclear programme (Fig. 5). Following on from Calder Hall, the first series of stations were graphite moderated and gas cooled, and used natural uranium fuel encased in a magnesium alloy – hence the family name of Magnox for this group of stations.

Essays in technology, architecture, and landscape

During the late 1940s and early 1950s, a combination of post-war austerity and the urgency of bringing the atomic facilities into operation gave rise to buildings with a simple utilitarian appearance. In the research establishments some of the earliest buildings associated with the nuclear weapons programmes were simply brick built. At the research and production establishments the main concern was to bring the plant into production as quickly as possible. Many of the early facilities were specified and designed by teams of architects in the Ministry of Works, but built by private contractors. Following experience gained in designing and erecting large wartime factories and defence facilities, prefabrication was widely applied. New and special building materials, such as aluminium, stainless steel, chrome alloys, special mineral aggregates, resistant paints, and plastics were employed. For shielding, large amounts of steel and reinforced concrete were required. Most of the early production buildings were steel-framed structures and clad in asbestos or pressed metal sheeting. There were few concessions to aesthetics nor was thought given to later dismantling.

As the post-war demand for electricity grew, there was also increasing disquiet about the effect of new large power stations on the environment. The first generation of post-war conventional power stations, such as Giles Gilbert Scott's Bankside power station, London, now Tate Modern, were brick and monumental in character. But, in the 1950s an official report recommended that new stations should be based on clear functional expressions and make full use of modern construction materials.

The early Magnox stations, such as Chapel Cross, clearly show their familial links with the research establishments. The reactors were surrounded by simple steel framed structures covered in asbestos sheeting. In an era emerging from wartime drabness and smoke pollution, externally and internally colour was an integral part of the design of the new installations. A contemporary journal predicted that the 'nu-

clear revolution will add a splash of brightness and cheerfulness to the industrial scene'.⁵ At night artificial light shone through their often glass clad exteriors creating beacons of a new technological age, often in parts of the country where domestic electricity was still a novelty.

There is no one overall architectural style that characterises the British nuclear stations. Technically, each of the Magnox stations was unique and the buildings were designed by the in-house architectural teams of the private companies awarded the various construction contracts. The design of the nuclear stations reflected the increasingly close working relationships between engineers, architects, and landscape designers. In many cases leading contemporary architects, including Giles Gilbert Scott, Basil Spence, and Frederick Gibberd were retained as advisors.

Factors that influenced the final appearance of a station included their technology and construction techniques. One of the most significant factors was the evolving engineering consideration of the relationship between the reactor and the heat exchangers. So that, in later stations by placing the heat exchangers within the biological shield a more compact design was possible. Different construction techniques might also influence the final appearance of a station. The heaviest parts were the prefabricated sections of the early steel pressure vessels and associated heat exchangers. In most cases these were prefabricated and brought to the site for completion, although in some instances fully assembled heat exchangers were floated to the construction sites by sea. At some of the early stations, such as Berkeley, Gloucestershire, mono-tower cranes were used, which restricted the loads that could be lifted. At some of the later stations, for example, Dungeness, Kent, large goliath cranes were constructed to span the entire reactor building (Fig. 6).

Different design solutions and philosophies were employed to blend these huge buildings into their local landscapes. At Bradwell, careful attention was paid to the facing materials, which included aluminium sheeting that weathers to a dull grey, Leicester Lilac bricks, exposed natural aggregate gravel in the concrete panels, and its doorways and other openings were painted in maroon and olive greens. Glass panels also allowed an observer to almost see through the buildings that enclosed the heat exchangers (Fig. 7).⁶

In contrast to the light and often glass covered 1960s Magnox stations the designers of the later advanced gas cooled reactors sought to minimise their visual impact by presenting their main components as simple shapes. At Heysham, Lancashire, the three main levels of the reactor building are expressed as three coloured blocks, corresponding to the reactor shield, mechanical zone and the upper charge area.

For most of the industrial age industry exploited its surroundings with little regard to the visual impact or the pollution it was creating. In contrast to many conventionally coal fired power stations, which were located close to their consumers, most nuclear power stations were placed on relatively isolated sites. Factors that influenced their location



Fig. 6: Dungeness, Kent, to the right are the two Magnox reactors and to the left the later advanced gas cooled reactor (2016).



Fig. 7: Bradwell, Essex, Sylvia Crowe described it as 'huge, clean, light and floating almost like one of the clouds over the estuary' (2003).

included nervousness about new technology, the presence of ground that could bear the weight of the reactors, and access to vast amounts of cooling water. As a consequence of these requirements they were often placed in remote and untouched landscapes noted for their natural beauty. In their favour, in comparison to contemporary coal fired stations, most nuclear stations have a compact ground plan. Most also relied on sea water for cooling, obviating the need for massive cooling towers. In common with conventional stations transmission lines marched across the landscape from the stations. These were, however, the people's power stations, built by a nationalised industry, and placed in a countryside that had been invoked during the war as something worth fighting for. This concern was reflected in the 1957 Electricity Act that required the designers of new stations to consider their impact on the local environment.

One of the most sensitive locations for a nuclear station was in a National Park at Trawsfynydd, Gwynedd (Fig. 8). The design of this station was entrusted to the noted post-war architect, Basil Spence, and its surroundings to the leading contemporary landscape designer Sylvia Crowe. To

provide a seamless link between the local landscape and the station careful attention was given to tree planting that was brought into the station's compound. The large scar created by the construction camp was later softened by the creation of tree-covered artificial mounds that also had the effect of hiding the station. Closer to the station Sylvia Crowe created two smaller gardens for the enjoyment of the workforce; Cadw has registered these as historic gardens.

To create a nuclear power station often required remodelling the existing landscape for the construction of temporary on-site assembly shops and accommodation camps for thousands of men. On completion these temporary facilities were cleared away, leaving large areas of levelled and barren land, or in other instances their sites have been reformed to break up the lines of the stations.

The nuclear industry was also an important maker of new places. At Thurso, in the north Scotland, new estates comprising over 1000 houses and flats were built for 'The Atomics' of the Dounreay research centre. To serve the Sellafield complex a new estate at Seascale was designed around curving roads with verges, and larger grassed areas. One of the

Fig. 8: Trawsfynydd, Gwynedd, Wales, to emphasise the station's rural character, it was given a winding access road devoid of footpaths and lighting (2005).



few concessions to local character were panels of local stone used in some porches. Generally, they followed contemporary public housing designs, although with social stratification matching that of the factory hierarchy.

The legacy

These historic nuclear sites are now owned by the Nuclear Decommissioning Authority, the NDA, which controls 17 former civil nuclear sites in England, Wales and Scotland, including research facilities, fuel production sites and the Magnox power stations. It was formed in 2005, is wholly funded by the government and its main task is to clear these sites with the ultimate aim of releasing the land for brown-field development. The NDA is a relatively small executive agency of around 200 people setting strategy, planning, contracting, monitoring performance, and quality assurance. It accomplishes its mission through a series of subsidiaries, such as Sellafield Ltd, and Site Licence Companies, whose task is to remediate the individual sites (Fig. 9).

In regards to most of the research reactors and power stations, the policy is to clear all the non-nuclear structures, such as administration and welfare buildings, and electricity generating and distribution plant. Within the reactor buildings the fuel rods are removed and the reactor buildings reduced in size and re-clad with the intention that they will be left to 'cool down' for around 80 years before final dismantling (Fig. 10).

Unsurprisingly, in such a heavily regulated industry each establishment has accumulated a vast archive of building and plant drawings, station log books, and health records. For the NDA's largest site at Sellafield, it is estimated that there are 80,000 boxes of archived records. Some records they are legally obliged to retain and others are required to assist in dismantling, which may not occur for decades. To hold these records the NDA has recently opened the £21 million 'Nucleus' archive at Wick, Caithness, in the north of Scotland.

Many of the early policy documents and other high level administrative records are held by the UK's National Archives; a legacy of a time when the nuclear industry was state owned.⁷ However, this potentially leaves many records at each site that are vulnerable to destruction, such as drawings of buildings not connected with handling radioactive materials, detailed plant drawings and photographs, and records of the social history of these places. It is this group of records that is of most concern; although they are no longer critical to the NDA's business they may have future historic interest. It is unrealistic to expect that they will all be retained, but nor can we know what may be of interest to future historians.

To underpin its business the NDA has a comprehensive information management strategy to manage its legacy archives and to ensure the essential knowledge is readily accessible in the future. The capture of this data is summarised in a 645 line table.⁸ The last line of which acts as a catch-all for purely historical material, although at present the interpretation of this line is left to the discretion of each site.

Another challenge posed when developing heritage strategies for large scale 20th century industries is the division of organisational responsibilities for different aspects of this heritage. Generally, museums will be concerned with their artefactual legacy, which may include training models and aids, and clothing; archives will collect documents, film and photographs, although not always technical records and building and plant drawings. Thirdly, it is generally the state and local authority heritage agencies that will be concerned with their built and landscape heritage.

Documenting conventional post-war power stations

Around the same time as the construction of the new nuclear stations a new generation of huge coal and oil-fired stations



Fig. 9: Sellafield, Cumbria, the largest nuclear site in Europe. To the right are cooling towers of the Calder Hall power station (1990s).

was also built. Over the last decade or so many of these have also reached the end of their operational lives and measures to reduce carbon emissions will see the remainder close by the early 2020s. They have been described as the ‘great temples of the carbon age’ and had a profound impact on England’s landscape and helped to transform the country’s post-war society and economy.⁹

The selection of post-war buildings for listing is particularly rigorous and it’s very unlikely that any power stations or their landscapes will be protected. Given that ultimately they will all be lost, how do we secure a record of these stations? Historic England has issued guidance on minimum recording standards and the expectation is that the power companies will fund surveys of the stations at the point of closure and before demolition begins.¹⁰ This can be required

(rather than requested) where the asset in question is recognised as a heritage asset and is being dealt with through the planning system.

At most stations there are often very extensive photographic records, many of these are highly technical and were often taken during construction. Where further photography is required the most effective time for a photographic record to be undertaken is prior to closure, where the use of space may be documented and how, for example, the workers interacted with the control rooms. Careful attention should also be paid to the use of colour, texture and finish of the buildings, and modifications that have taken place since opening. Low level oblique aerial photography is particularly effective in recording a station’s buildings, layout and its relationship with the local landscape. Where resources



Fig. 10: Bradwell, Essex, after defueling the former reactor building has been reduced in height and reclad. It will probably remain in this form for a generation before final dismantling occurs (2017).

allow, video adds another dimension to documenting of processes and working regimes. In some areas of the nuclear industry 3D scanning technology is used to guide demolition robots; the data clouds for these tasks may potentially form an important historical record.

Most sites will also hold thousands of records, only a small number of these will be of lasting historic interest. The sorting and long-term storage of the records represents a cost to the power companies. The cheapest solution is to destroy the records when they are no longer needed. At present the sifting of records is usually undertaken by non-specialists within the power companies and our guidance is designed to inform their selections.

Summary

As the civil nuclear research establishments and power stations are being cleared we are witnessing a process analogous to a living ecosystem being reduced to a fossil assemblage with a corresponding loss of knowledge. The management of information is of a critical concern to the NDA who need to secure knowledge to ensure regulatory compliance and to assist in the final dismantling of the stations. However, the sorting and retention of information has a cost and is managed by tight commercial contract terms.

Historic England recognises the contribution that nuclear power stations have made to the nation's energy needs and their technological interest. In common with our approach towards conventional power stations, our stance is to work with the NDA to argue for the retention of records to secure a proportionate record of all buildings on their sites, as well as key plant, and the social history of these places; supplemented by additional recording at the point of closure. It also requires collaboration with others in the museum and archive sectors, and academia to ensure the historic evidence is secured, while ultimately accepting that long-term physical survival of any civil nuclear sites and their associated landscapes is very unlikely.

Bibliography

- Anon 'Editorial', *Nuclear Engineer* 1958, 132.
- Peter BONE, Kirsty NICHOL, Nigel PEARSON, and Timothy PETERS. *The Valley Site, Rhydymwyn, Flintshire Historic Environment Management Plan 2006 Volumes 1–3 Birmingham Archaeology Report No. 1377.*
- Brian CATHCART, *Test of Greatness. Britain's struggle for the atom bomb*, London 1994.
- HISTORIC ENGLAND 2016, *England's Redundant Post-War Coal-and-Oil-Fired Power Stations.*

Neil COSSONS, 'Inherited infrastructure', *Conservation Bulletin*, 2010, 65, p. 6.

Sylvia CROWE, 1960 'Power and landscape', *Journal Institute of Landscape* 52, pp. 3–6.

Gino SEGRÉ, *G. Faust in Copenhagen: the Struggle for the Soul of Physics and the Birth of the Nuclear Age*, London 2007.

The National Archives, Kew.

AB6/326 Windscale (Sellafield) 1947–1948, Draft minute 11/1/1/46

BP2/145 Request to erect a 400ft high chimney stack at Windscale (formerly Sellafield) Atomic Station 01 December 1947–30 June 1949, letter 12 January 1948.

Zusammenfassung

Englands Atomzeitalter.

Die Sicherung seines architektonischen und technischen Erbes

Ende des 19. Jahrhunderts waren Wissenschaftler von britischen Universitäten Teil einer dynamischen Gruppe internationaler Forscher, die die Struktur des Atoms erforschten. Im frühen 20. Jahrhundert revolutionierte Ernest Rutherford, damals an der Universität Manchester, die Erkenntnis über das Atom, später gelang John Cockroft und Ernest Walton die Atomspaltung im Cavendish Labor in Cambridge. In den späten 1930er Jahren traten viele, auf der Flucht vor der Unterdrückung durch die Nazis emigrierte Wissenschaftler dieser bereits weltläufigen Forschergruppe bei. Zwei von ihnen – Otto Frisch und Rudolph Peierls – erregten die Aufmerksamkeit der britischen Regierung mit der Möglichkeit, die Kernspaltung zu nutzen, um eine „Superbombe“ herzustellen. Die Forschung auf diesem neuen Gebiet begann in Großbritannien, siedelte aber später in die Vereinigten Staaten von Amerika über. In der unmittelbaren Nachkriegszeit übernahm Großbritannien eine Vorreiterrolle sowohl im Bereich atomarer Waffen als auch in der Anwendung der Nukleartechnik für zivile Zwecke einschließlich der Stromerzeugung.

Die fast 80 Jahre andauernden Aktivitäten in diesem Bereich hinterlassen ein komplexes Erbe an Forschungseinrichtungen und Produktionsstätten sowie Kraftwerke, von denen einige in herausragenden Landschaften liegen. Anlagen, die mit dem Einsatz nuklearer Waffen in Verbindung gebracht werden, sind zum großen Teil von dieser Diskussion ausgenommen. Die Mehrheit der Einrichtungen hat entweder das Ende ihrer Betriebszeit bereits erreicht oder wird es bald erreichen, sodass Programme zur Beseitigung der Anlagen aufgelegt werden. Ziel ist es, das Land einer Nutzung wieder zugänglich zu machen, z. B. durch eine neue Generation von High-Tech-Forschungszentren oder Kraftwerken. Nach anfänglicher Dekontaminierung könnten einige Anlagen jahrzehntelang gesichert und verbleibende radioaktive Kontamination so ihrem natürlichen Verfall überlassen werden, bevor die Anlagen endgültig zurückgebaut werden.

Historic England ist der vorrangige Berater der Regierung Großbritanniens in Belangen des historischen Erbes. Viele der aktuellen Programme der Organisation sind durch die Prioritäten der britischen Regierung geprägt, wirtschaftliche Aktivität dadurch zu steigern, dass große Infrastrukturprojekte wie neuer Straßen- und Schienenbau, Wohnungsbau, erneuerbare Energien, insbesondere Windparks, und saubere Kraftwerke einschließlich Gas- und neuen Kernkraftwerken gefördert werden.

Eine der größten Herausforderungen derer, die für den Schutz des Industriedekulturerbes eintreten, ist es, die Bedeutung der Industrie des 20. Jahrhundert zu verstehen. Das gilt insbesondere für die großen und technisch komplexen Industrien der Nachkriegszeit, für die Strategien zu entwickeln sind, um dieses historische Erbe entweder durch physische Erhaltung oder durch Aufzeichnungen zu bewahren. Die zivile Nuklearindustrie steht beispielhaft für eine dieser Industrien. Der Artikel zeigt einen kurzen Überblick dazu in England auf. In der Erkenntnis, dass der physische Erhalt unwahrscheinlich ist, werden andere Strategien notwendig sein, um das architektonische und technische Erbe der Atomindustrie zu sichern.

¹ CATHCART, *Test of Greatness*, 1994, p. 40.

² SEGRÉ, *Faust in Copenhagen*, 2007, pp. 258–9.

³ Peter BONE, et al *The Valley Site*, Rhydymwyn, 2006.

⁴ TNA AB6/326 Draft minute 11/1/1/46; BP2/145 letter 12 January 1948.

⁵ *Nuclear Engineer* 1958, 132.

⁶ CROWE, 'Power and landscape', 1960, 3–6.

⁷ For their policy see <http://www.nationalarchives.gov.uk/documents/information-management/osp-57.pdf>

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/643852/IMP09_NDA_Archive_Acquisition_Policy_Rev1.pdf accessed 20 January 2018.

⁸ <https://www.gov.uk/government/publications/nda-records-retention-schedule> accessed 20 January 2018

⁹ Cossons, 'Inherited infrastructure', 2010, p. 6.

¹⁰ Historic England 2016.



Erhaltungschancen
Preservation Perspectives



Erste Schritte und die Notwendigkeit des internationalen Austauschs

Sigrid Brandt

Von den ca. 500 Kernreaktoren weltweit sind bereits ca. 100 zurückgebaut worden; der nicht nur in Deutschland angestrebte Ausstieg aus der Kernenergie bedeutet für eine große Anzahl von Anlagen ebenfalls Abbau, Rückbau und Entsorgung. In der folgenden Sektion berichten Autoren aus Schweden, Großbritannien und Österreich von Erfahrungen im Umgang mit den baulichen Zeugnissen des Atomzeitalters. Des Weiteren wird die Sicht der 1957 gegründeten Internationalen Atomenergie-Organisation mit Sitz in Wien dargestellt.

Das bei Ågesta ab 1957 errichtete Kernkraftwerk ist dabei besonders als Fallbeispiel geeignet. Es war die erste Anlage in Schweden und nach Abschluss der Bauarbeiten bis 1974 in Betrieb. Seine Kapazität wurde bald von sehr viel größeren Kernkraftwerken übertroffen. Ågesta bedeutet für das skandinavische Land sehr viel, es erzählt von dem Wunsch nach energiewirtschaftlicher Unabhängigkeit mitten im Kalten Krieg, von den schwedischen Plänen dieser Jahre zur Errichtung eines ganzen Netzwerkes von Kernkraftwerken – mit Hilfe von schwedischem Uran und norwegischem Schweren Wasser – und von einem ungeteilten Technik-Optimismus. **Magdalena Tafvelin Heldner** stellt ein Studienprojekt vor, in dem verschiedene Perspektiven zur Evaluierung der Anlage als Denkmal untersucht wurden. Als Schlüsselbegriff können dabei „The Swedish Line“ und die damit verbundenen Narrative angesehen werden.

Christophe Xerri breitet ein ganzes Spektrum an möglichen Nutzungsszenarien für stillgelegte Kernkraftwerke aus, darunter die Entwicklung als Teil eines städtischen Zusammenhangs, die Integration in einen Naturpark, die Einrichtung von Museen, aber auch die Verwendung für nicht-nukleare Energie- oder sonstige industrielle Projekte, bei denen auch Zwischennutzungen denkbar sind.

Andrew Croft schildert die Dekontamination und den Abbau der Reaktoren von Dounreay an der Nordküste Schottlands als ebenso große innovative, ingeniose und verpflichtende Herausforderung wie deren Entwicklung und Betrieb seit den 1950er Jahren. Auf der Suche nach Vergleichsbeispielen ist dabei das österreichische Zwentendorf nur bedingt von Nutzen. **Stefan Zach** kann von einem seltenen Sonderweg berichten: Das ab 1972 errichtete Kernkraftwerk ging nie ans Netz; es spaltete keine Atome, aber die Menschen in Österreich, nach deren Willen es nach einer Volksabstimmung 1978 nicht in Betrieb genommen wurde.

Of the approx. 500 nuclear reactors worldwide, approx. 100 have already been dismantled. The phase-out of nuclear energy, which is not only pursued in Germany, also means dismantling and disposal for a large number of plants. In the following section, authors from Sweden, Great Britain and Austria report on their experiences in dealing with the structural evidence of the nuclear age. Furthermore, the point of view of the International Atomic Energy Agency, founded in 1957 and based in Vienna, is described.

The nuclear power plant built near Ågesta in 1957 is particularly suitable as a case study. It was the first nuclear power plant in Sweden; after completion of the construction work it was in operation until 1974. Its capacity was soon exceeded by much larger nuclear power plants. Ågesta means a lot to this Scandinavian country; it tells of the desire for energy independence in the middle of the Cold War, of the Swedish plans of those years to build a whole network of nuclear power plants - with the help of Swedish uranium and Norwegian heavy water - and of an undivided enthusiasm for technology. Magdalena Tafvelin Heldner presents a study project in which different perspectives for the evaluation of the plant as a monument were examined. In this context, „The Swedish Line“ and the related narratives can be regarded as key terms.

Christophe Xerri presents a whole spectrum of possible use scenarios for decommissioned nuclear power plants, including the development as part of an urban context, the integration into a nature park, the establishment of museums, but also the use for non-nuclear energy projects or other industrial projects, for which interim uses would also be imaginable.

Andrew Croft describes the decontamination and dismantling of the Dounreay reactors on Scotland's north coast as an equally innovative, ingenious and mandatory challenge as the development and operation since the 1950s. In the search for comparative examples, the Austrian example of Zwentendorf is only of limited use. Stefan Zach reports on a rare special path: The nuclear power plant, built in 1972, was never connected to the power network. It did not split atoms, but it split the people in Austria, who in the course of a referendum in 1978 decided that it should not be put into operation.

Toward a Post-industrial Era. Lessons Learned from Evaluating Ågesta Nuclear Plant

Magdalena Tafvelin Heldner

Introduction

There are currently around 500 commercial reactors throughout the world. More than 100 have already been decommissioned, and many more will close as the first generation of reactors is phased out. Throughout Sweden, there are about 25 nuclear facilities, including those used for mining, nuclear waste and freight transportation. Nuclear power accounts for 40% of Sweden's electricity production – the remainder being predominantly hydroelectric power. Nuclear power raises many questions about the conservation of large-scale industrial plants. Interest in nuclear power as cultural heritage has also begun to be recognised, both nationally and internationally.

2005–2008 I conducted, together with Eva Dahlström Rittsél and Per Lundgren, a study of Sweden's first commercial nuclear power plant - Ågesta Nuclear Plant. We wanted to discuss which aspects of the Ågesta site were the most important to focus on, and what consequences the

choice of perspective might have for how the site was to be evaluated – and, thereby, also for what we considered to be most worthwhile preserving. Two methods were tested for the analysis of the Ågesta site's potential as an example of cultural heritage – one a well-established evaluation system from the Swedish National Heritage Board, the other based upon narratives related to nuclear power and Ågesta. This work was compiled in the report *Ågesta – kärnkraft som kulturarv*.¹ The report has also been used in research context. In addition, for the last years the significance of Swedish nuclear power has also been highlighted in academic and heritage circles in Sweden.²

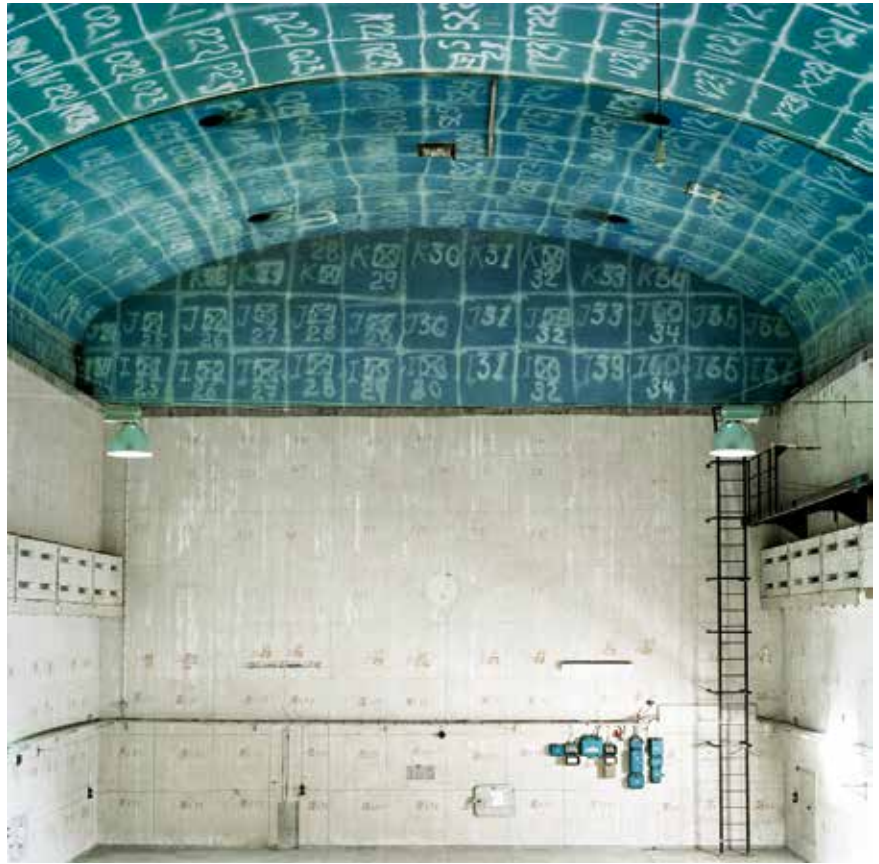
Ågesta Nuclear Plant

The Ågesta site was built at a time dominated by the Cold War, with a desire for self-sufficiency and optimism surrounding technology.³ At an early stage, Sweden identified



Fig. 1: Ågesta Nuclear Power Station Exterior, 2008. Ågesta Nuclear Power Station was the first nuclear power reactor to produce power and heating for the market in Sweden. It was operational between 1963 and 1974. The plant is situated 15 kilometers south of Stockholm and had an output of 80 MW: 12 MW for electrical generation and, 68 MW for heating. The plant was built as a prototype heavy water power reactor. The Ågesta Nuclear Power Station is planned to be decommissioned around 2020.

Fig. 2: The reactor hall at R1 – the first nuclear station in Sweden, operational 1954–1970, today the entire reactor is dismantled, all the reactor is dismantled, and all the technical equipment gone. The hall is used for events.



the potential of nuclear power – for both civilian and military purposes.⁴ In 1945, a commission was launched with the aim of promoting research in the field of nuclear physics and nuclear chemistry. Two years later, a company was established to conduct the prospecting for, and extraction of, materials in Sweden to be used for nuclear energy, as well as for building nuclear reactors on behalf of the research community and industry.⁵

In 1955, the Swedish state appointed a public commission to examine the possibilities of domestic atomic energy. The results highlighted the potential for Sweden to become self-sufficient, which was important from both a civil and a military perspective. It was also emphasised that Sweden did not have full control of the plutonium formed by the irradiation of uranium purchased from other countries.⁶ This was a key factor behind the decision that heavy water moderated reactors were considered the most appropriate solution. The Atomic Energy Commission stated the importance of a centralised, state programme where AB Atomenergi would take responsibility for all aspects of atomic energy production. The main result of the commission's work was the adoption by parliament of the 1956 Atomic Energy Act (1956:306), concerning the right to produce atomic energy.

As early as 1954, a research reactor – RI – was built in an underground cavern in central Stockholm.⁷ Planning for the Ågesta reactor followed in 1957, with trial operations starting in 1962. Some 50 Swedish industrial companies were involved in its construction. It became fully operational in

spring 1963, thus becoming Sweden's first nuclear power plant. It was used to produce heat but also to a limited extent electricity. The Ågesta site represented part of a larger plan for Swedish nuclear power, later known as 'the Swedish Line'. The Swedish state planned a network of small nuclear power stations, powered by Swedish uranium and Norwegian heavy water.

Ågesta Nuclear Plant remained in operation until 1974, when it was closed due to technical considerations and security.⁸ Swedish nuclear power was subsequently expanded with the addition of larger-scale light water reactors. Even though these larger power plants were built with a somewhat different technology, the Ågesta plant represents a crucial step on the road to today's nuclear power stations. The technical equipment bears witness to Swedish research in the field of nuclear energy, as well as to the capacity of Swedish industry to develop technically advanced equipment even by international standards.

Evaluation

A nuclear power plant is not a typical object for a cultural and historical evaluation, and there is limited experience with regard to evaluation, conservation and collections. Discussing the evaluation is therefore important, both in terms of the conditions and potential consequences. Two methods were employed in evaluating the Ågesta site: the Swedish National Heritage Board's method for evaluating

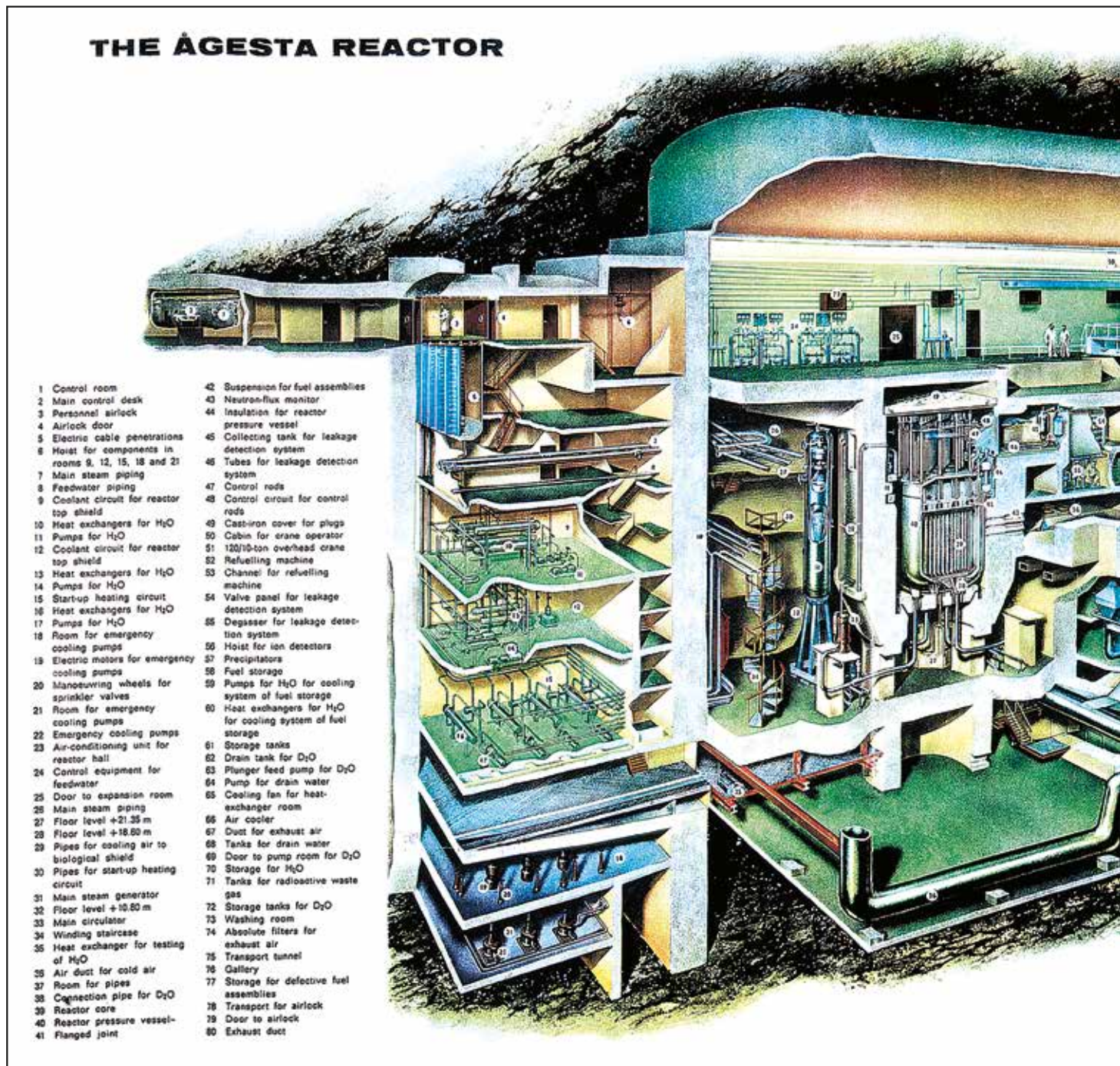


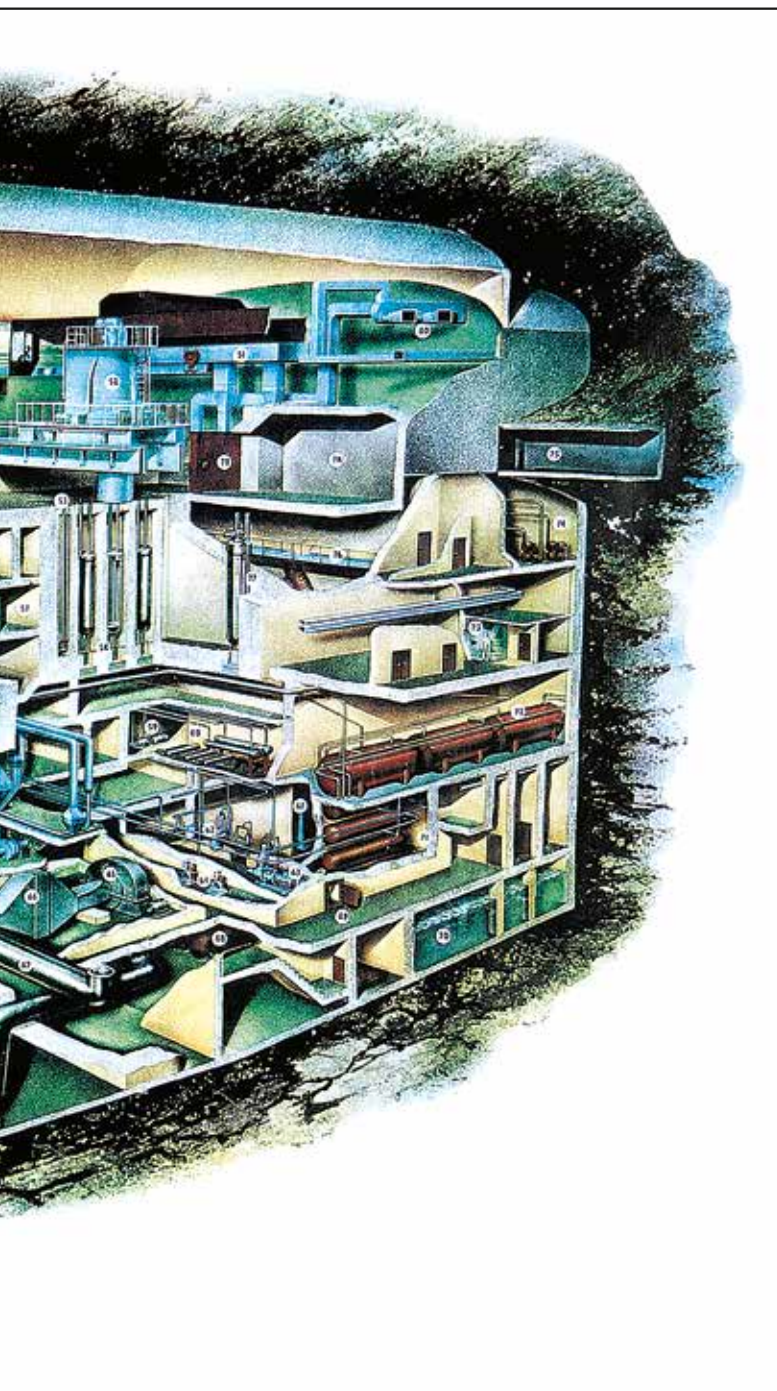
Fig. 3: Cutaway drawing of Ågesta Nuclear Power Station. The atomic artist Arvid Nilsson was employed by the AB Atomenergi to interpret the engineering drawings.

buildings, and our own method based upon an analysis of the plant as a means of conveying important narratives.

Analysis of Ågesta Nuclear Plant using the Swedish National Heritage Board's evaluation system

In Sweden, matters of conservation, care and documentation are usually based upon a thoroughly considered justi-

fication and objective. The object evaluated is defined and described with reference to various predetermined evaluation criteria. These are divided into documented and experiential values. Documented values, based on historical characteristics, are further divided into building value, construction-technology value, patina, architectural value, socio-historical value, personal value and technological value. Experiential values refer to aesthetic characteristics, experiences or social engagement, and are divided into architectural or artistic value, patina, environmentally creative



categories shows that, for technological and industrial-historical values, Ågesta is in a class of its own. It also shows that its socio-historical and construction-technology value can be emphasised, along with symbolic values: the site has strong authenticity. Combined with the obvious interest of the control room and reactor hall, this constitutes a great educational value. There is also a major quality value regarding construction technology and materials.

Evaluation based on ‘important narratives’

We created an alternative model built upon the idea of ‘important narratives’, lending to the Ågesta plant a significance which extends way beyond the local context. Its cultural value lies primarily in its bringing to life, in a simple way, historical processes of vital importance to the creation of modern Sweden.¹⁰

The first step of the analysis focuses on the narrative judged to be the most relevant to the environment under study. Factors such as social class, gender and ethnicity all affect the ways in which we perceive the world around us. When choosing a narrative, the persons performing the evaluation must first reflect upon their own position as judges of such matters. Then, the environment must be put in its context. What were the stages or events that led to the construction of the site? Once constructed, how was it influenced by society and its prevailing conditions? To what extent do the preserved structures explain or reflect such influences? By this stage, a general perception should have emerged of the most desirable narrative for the site to convey. In fact, a certain narrative may well be optimal for the environment, without being so for the story.

The selected narrative underpins a detailed analysis of the site. Which material structures are more important to preserve and draw attention to convey the narrative, and which are less important? This ranking of physical structures is significant, both for the effectiveness of the conservation efforts and for the clarity with which the site will be able to tell its stories. The procedure can be summarised as: 1) investigation of context, 2) selection of narrative, 3) comparison with other objects, and 4) analysing the site and ranking its physical structures.

value, identity value, continuity value, traditional value and symbolic value.

Of significant importance for the evaluation is how rare or authentic the site is. The evaluation system defines four levels of criteria of evaluation. Each of these is linked to practical follow-up measures with regard to legal protection, documentation and care.⁹

The Ågesta plant is an important representative of the development of Swedish nuclear power, of Sweden’s great industrial period, and of the Cold War era – both in Sweden and internationally. An assessment of the various evaluation

Analysis 1 – the Swedish Line

This term allows various interpretations but, as a physical object, the Ågesta site primarily represents ‘the Swedish Line’. As we have seen, this site was essentially a relatively small civil heating plant. However, the experiences gained there could also be used for military purposes.¹¹ Very few people would argue that the selected narrative is unimportant. The Swedish Line is of key significance as a manifestation of post-war moods, security policies, energy policies, ideas about infrastructures, and the development of industry.

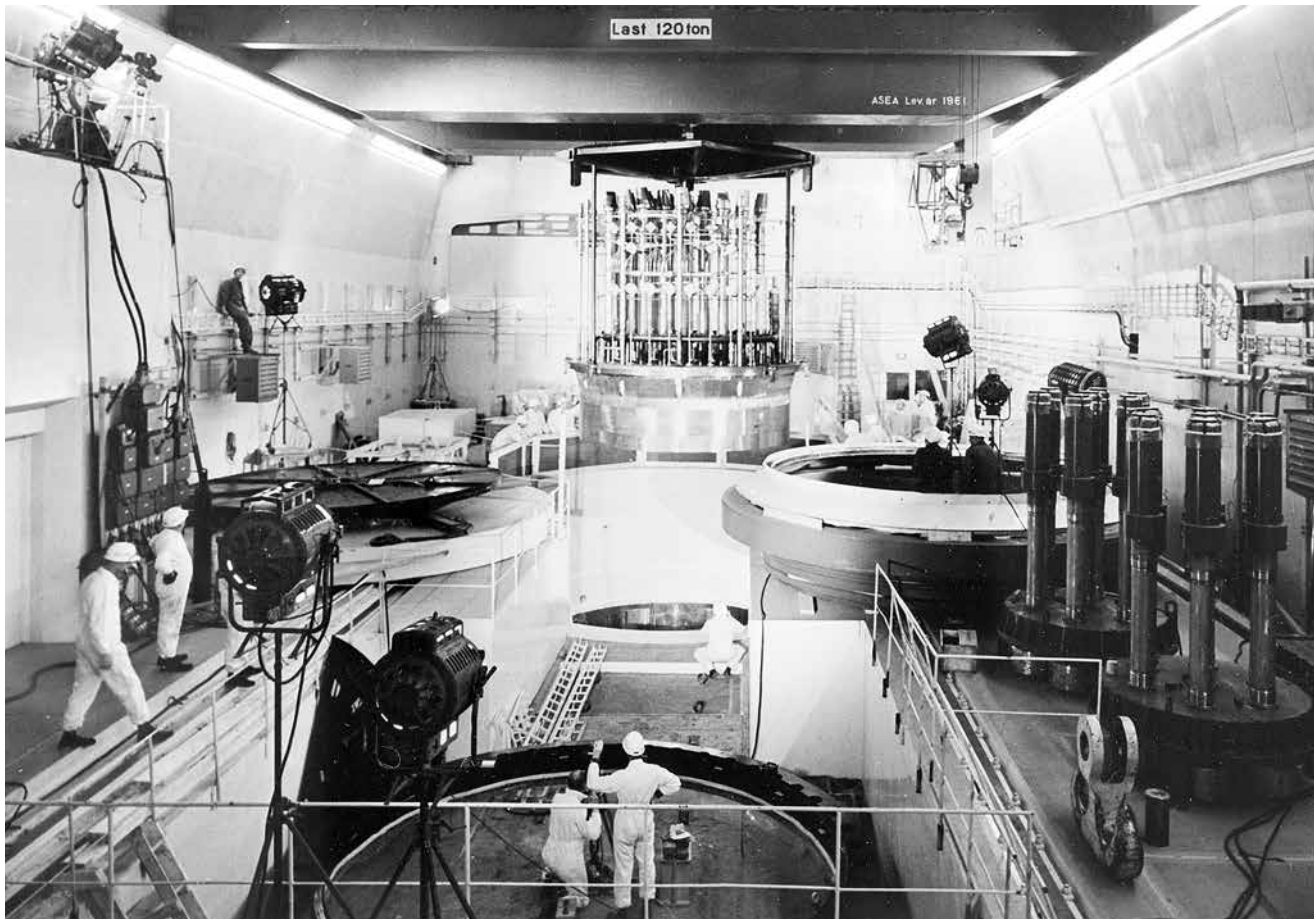


Fig. 4: Reactor containment during test run in 1962.

And it contributes to a better understanding of notable events in our modern history. It also provides a valuable backdrop for the heated discussions about nuclear power that took place throughout the 1970s and 1980s. Thus, the Swedish Line may well be the optimal narrative for Ågesta Nuclear Plant. But is this environment optimal for the narrative? In addition to Ågesta, two other sites also represent significant manifestations of the Swedish Line – the full-scale Marviken plant in Östergötland and the Ranstad uranium extraction facility in Västergötland.

Ranking the physical structures

What parts of the Ågesta site will be particularly valuable for conveying the chosen narrative? From an international perspective, one of the most interesting aspects of the idea of the Swedish Line is the use of small-scale nuclear power plants for district heating. This singles out the Swedish Line from international equivalents, which usually involved plans for nuclear weapons in their nuclear programmes. Reactors using heavy water as a moderator and coolant, together with domestically produced natural uranium as a fuel, are not, however, specific to the Swedish Line. There was an equiv-

alent in Canada – the CANDU Programme – which, like the Swedish programme, was under state control. Consequently, the particularly important parts of the Ågesta site are those showing the plant's function as a supplier of heating to the suburb of Farsta, and those making it clear a nuclear reactor supplied it. It is also important to show the plant was operated using heavy water and natural uranium, but in this analysis, it is less of a priority. The parts related to the production of electricity, however, are less important. A prerequisite for nuclear-powered district heating plants is proximity to the consumers, which makes it essential for the plant to be protected in a reassuring way. The Ågesta plant's location in an underground cavern is, therefore, of crucial significance to the manifestation of the civil aspects of the Swedish Line.

Analysis 2 – Swedish nuclear power

Swedish nuclear power history can broadly be divided into four parts. An initial phase (approx. 1955–1970), characterised by optimism about the possibilities of technology, saw the introduction of research reactors, with experiments, studies and tests with heavy water reactors. It was succeeded by a Golden Age (approx. 1970–1980) involving the

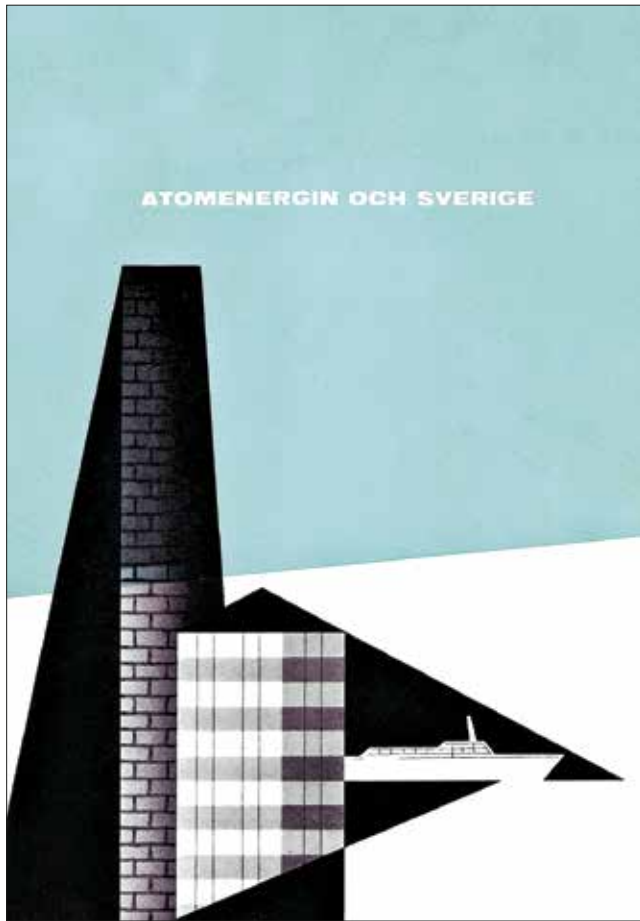


Fig. 5: Reports from the 1950's and 60's regarding the atomic program in Sweden and particularly about Ågesta.



Fig. 6: Bottle of Heavy Water from Norsk Hydro.

construction of large-scale light water power plants. Then came a period of re-evaluation (approx. 1980–1997) with notable events such as a referendum on nuclear power and the Chernobyl disaster. The final phase was a period of discontinuation (1997 onwards), when no new nuclear power plants were built while, at the same time, the old light water reactors were decommissioned. By the end of the 1960s, the role of the Swedish Line had ceased to be relevant, and the choice of reactors for the new plants was no longer determined by the findings of the 1956 Atomic Energy Commission. A completely different reactor technology was now preferred, and plants were used to produce electricity. However, the Ågesta Nuclear Plant was significant for the choice of modern technology. A lot had been learned from the experiences gained, and the nuclear power industry benefited from skilled and experienced engineers and technicians who could move on to new assignments.

Selection of object and narrative

The Ågesta site can tell the story of Sweden's early history of nuclear power. This narrative resembles that of the Swedish Line. If the entire story of Swedish nuclear power was to be

told, the ideal choice would be one of the large-scale light water reactors from industry's heyday – a facility that made more than a marginal contribution to the nation's electricity supply and which serves as a representative of the turbulent years around the referendum on nuclear power. In a situation where other, more appropriate nuclear plants cannot be preserved, the site at Ågesta could be a potential conveyor of the wider narrative of Swedish nuclear power. In such an event, we would be at a point where the narrative is not optimal for the environment but the environment optimal for the narrative. If Ågesta is to represent the entire nuclear power era, it will be necessary to bring into focus those structures which can tell the nuclear power story on a more general level. This would apply to the reactor and control rooms as well as the cooling towers. The need for security is illustrated by sluice chambers and radiation-proof doors. The parts illustrating the plant as a producer of district heating would become less significant as no more heating-producing nuclear power plants were built. Other important aspects are the way nuclear power engineers were trained at the Ågesta plant, and the way security problems arose and were resolved. Unfortunately, the interiors of the engineering and laboratory building have been completely transformed and the exterior substantially rebuilt. Had it been well preserved, this building would have



Fig. 7: The atomic artist Arvid Nilsson was employed by the AB Atomenergi to draw cutaway drawings from the engineers' blueprints. He has also created monumental paintings at different nuclear stations, like this from Studsvik. The young family symbolize hope for the future as the optimism for the atomic age with workers, engineers and researchers working side by side.

represented an important part of the narrative about technological development and of the Ågesta site as a training ground for Swedish nuclear technology.

Discussion

Each of the two methods clearly has its own strengths and weaknesses, but the choice of evaluation method is crucial to the outcome. The systematic approach of the Swedish National Heritage Board's evaluation system ensures essential values and aspects are not overlooked in the analysis. The system is also easy to use and understand. At the same time, this method is not wholly appropriate as a selection instrument. Cultural and historical value, for example, may be found anywhere, regardless of the object being analysed. The results of the analysis primarily contain information on the ways in which the heritage asset or object is useful as opposed to how valuable it is – for example, in relation to other objects.

Cultural and historical evaluation based upon a selected narrative provides a clear ranking of the importance of the

objects and structures included in the narrative – on an international and national level, as well as on a site level. The narrative itself serves as an instrument for ranking. At the same time, however, the ranking and the evaluation are only valid within the context of the selected narrative. The choice of narrative is therefore a critical element of the analysis.

The two methods illustrate different ways of looking at the object/heritage asset being analysed. In one case, the environment is seen as being the bearer of values that can be given prominence and explained. Evaluations based on narratives get tied to the narrative rather than the environment. The highlighted context is seen as essential and the environment becomes a medium for understanding and discussing this context. This also means the evaluation can result in the focus shifting towards other environments, completely different to the original point of interest as they can prove to represent the most important conveyors of the chosen narrative. The evaluation gets more controlled, but it also becomes clearer because what is being highlighted and preserved is also what supports the selected narrative: it becomes clear that the evaluation has been made based on certain values.



Cultural heritage uses of Ågesta Nuclear Plant

Regardless of the evaluation method used, it can be asserted that Ågesta Nuclear Plant has major cultural and historical value. The narratives linkable to the Ågesta site concern Sweden during the Cold War and decisions about energy supply and defence issues made in those days. These stories also relate to the rapid growth of industry in the post-war period, which paved the way for access to cheap energy and expertise in a variety of fields. Accounts exist of the local conditions applying to Ågesta – such as opposition to the very existence of the plant and what it was like to work there.

By concentrating on a narrative, focus shifts from the material object to the immaterial context in which the plant originated. The Ågesta Plant should be regarded as representative of an interesting part of Sweden's post-war history. The construction of the site was a matter of national importance, involving government and parliament, a range of government authorities, research institutions, and many industrial companies, both large and small. Therefore, it is reasonable to profile the site at Ågesta as being representative of a narrative at a national level. This argument is also valid for other nuclear installations, and perhaps even for

other environments where part of their value resides in an immaterial context.

An evaluation based upon the narrative of the Swedish Line results in certain parts of the site being judged as more valuable than others. To begin with, Ågesta Nuclear Plant was built for district heating purposes and not for distributing electricity. The plant also represents a very high level of specialist engineering. The reactor's location in an underground cavern is explained by the fact that it was a district heating plant situated close to the destination of the heating, which necessitated additional security arrangements. The reactor hall shows clearly how the reactor was operated. The fuel elements were stored here while waiting to be fed into the reactor. The room was adapted to accommodate technical installations and to ensure the various stages would run as smoothly and as safely as possible. This also resulted in an aesthetic design at the same time emphasising rationalism and consistent with the prevailing optimism of the time regarding technology. To an even greater extent, this also applies to the control room, which was built to enable efficient monitoring and managing of the reactor. At the same time, the design is typical of the period, regarding the fixtures and fittings in the form of gauges and controls. A clear difference from later nuclear power stations is the analogue measuring devices, which were eventually to become digital. This sit-



Fig. 8: The Control Room is situated in a separate cavern within the rock, connected to the reactor hall by airlocks. The Control Room allowed supervision of the entire plant from one place.



Fig. 9: Solenoid valves in the Fuel Element Failure Detection System, detail. This bank of valves is used to sequentially connect cooling water samples from the fuel elements to the fission gas scrubbers. Swedish art of engineers in the 1960s.



Fig. 10: Oskarshamn 1 (O1), the first light water reactor in Sweden in grand scale opened in 1972 as a private project run by OKG Group. The capacity of O1 was 400 MW. The reactor was followed by two late reactors. O1 was closed down in 2017.

uates the plant in the context of the period, which facilitates understanding that context. In addition to the reactor building, which is connected to the turbine hall, the site has five more buildings: an administration building, an engineering and laboratory building, a guardhouse, a house for waste management, and a building for residential and training purposes. It is clear from the laboratory part that tests were conducted here. In fact, Ågesta was partly used as a testing facility. But laboratory buildings also form part of nuclear plants used only to produce electricity. Some of the interiors (and, to a certain extent, the exteriors) of these buildings were later adapted to other uses, but they remain of intrinsic importance for the environment and for understanding Ågesta Nuclear Plant.

A review of the legislation governing nuclear installations shows any possible conservation to be complicated, since the law states that all nuclear plants must be decommissioned, and that those no longer in operation must be demolished. But no mention is made as to *when* this must be done.

It would be appropriate for restricted parts of the plant to be exhibited, including the control room, the reactor hall and the storey beneath the reactor hall. Along with the surrounding environment, these would be enough to convey an experience of early Swedish nuclear power. Those parts of the plant have been judged both necessary and sufficient for a worthwhile presentation of the Ågesta site and the narrative of the Swedish Line.

Sweden's nuclear power industry forms an important aspect of our post-war history by illustrating the vulnerability of the Swedish state's perception of the relation between the superpowers. But it also shows confidence in the country's own scientific research and in the capabilities of Swedish industry. Conserving and communicating the narrative about the Ågesta plant is of pressing importance.

Two of the most important sites for the narrative of the initial stages of Swedish nuclear power have ceased to exist since the report was written. The Ranstad uranium extraction facility has been demolished, and the Marviken plant has been decommissioned and offered to the private market to be converted into a hotel.¹² Not one of these early-period nuclear facilities was provided with any formal protection as to its cultural and historical value. Of the very first reactor, the R1, only an empty underground cavern is left. Discussions about nuclear power as cultural heritage are thus highly topical, and it remains to be seen how the cultural and historical value of the Ågesta site has been affected by the fact that other facilities have changed. Our two models give different answers to this.

According to the Swedish National Heritage Board's evaluation methodology the Ågesta plant acquired greater value due to the demolition and decommissioning of the uranium extraction facility and the Marviken plant, since it remains the only representative of the Swedish Line. It has become 'indispensable'. On the other hand, according to the con-



Fig. 11: Forsmark reactor 3.
Forsmark is the latest of Sweden's nuclear power plants it was commissioned in the 1980s and run three reactors. Forsmark will also house a spent fuel repository for approximately 6 000 copper canisters of spent nuclear fuel.



Fig. 12: Barsebäck Nuclear Plant, close the Danish Border. Operated 1977–2005.

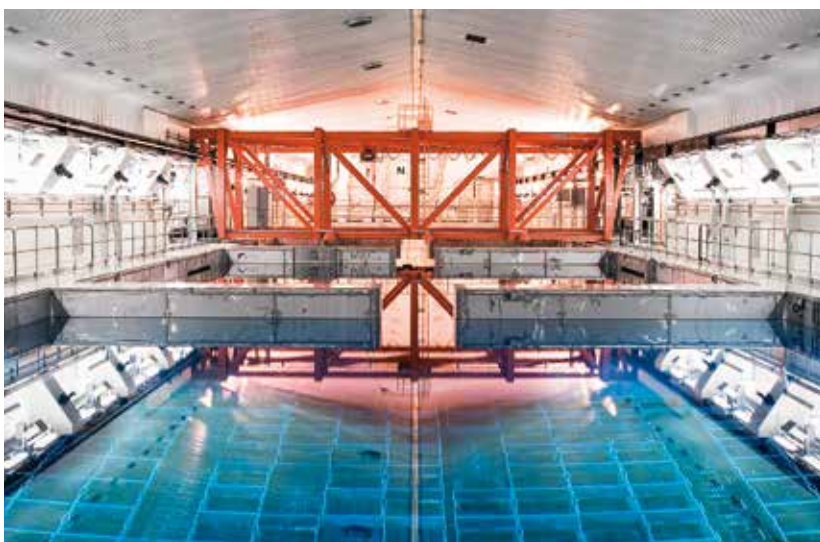


Fig. 13: Central interim storage facility for spent nuclear fuel, CLAB, Oskarshamn.

textually-oriented approach the value of the Ågesta site has decreased. Stockholm's County Administrative Board is currently conducting an examination of the classification of historic buildings, and this process will continue during 2018. Ågesta Nuclear Plant also attracted international attention during the past year – not least by means of an international conference organised by the Nuclear Legacies project, a collaboration between researchers from Sweden, France, Lithuania and Russia.¹³

It is extremely important to exchange experiences and to see the potential for cooperation to inform the discussion of cultural heritage concepts, as well as of legislation, finance and protection from radiation. It would be desirable if the issues surrounding nuclear power as cultural heritage were also addressed more consistently by, for example, TICCIIH (The international Committee for the Conservation of Industrial Heritage).

I will end with a quotation by Dr Alan Flowers, a British university radiation protection officer. For more than 35 years, he has been engaged in the safety aspects of nuclear energy production in the UK, and visited Ågesta in September 2017. He supports maintaining the legacy of Ågesta as a physical entity that honours and demonstrates – with stunningly visible reality – the magnificent engineering and safety-oriented culture of the early Swedish nuclear programme¹⁴:

“The engineered rock cavern environment of Ågesta is a unique example of nuclear power plant engineering in its early years of the mid-20th century. Combining this with preservation of the remaining historic nuclear instrumentation and materials handling equipment, it provides a very special statement of Swedish mid-20th century quality design and engineering. This could be used to provide the inspirational core feature of a technology park or technology museum for the enlightenment and enjoyment of future generations.”¹⁵

Bibliography

Archives

Riksarkivet, Vattenfall Archives

Internet

http://nll.se/upload/IB/ku/nbmum/Avdelningar/Bebyggelseprogram_det_moderna_samhallets.pdf downloaded 2018-03-19

<http://www.nt.se/norrkoping/artikel.aspx?articleid=7938156>, downloaded 2018-03-19

<https://powerplants.vattenfall.com/#/front=map/sort=name> downloaded 2018-03-19

<https://nuclearlegacies.wordpress.com/>, downloaded 2018-03-16

<https://atomicheritage.wordpress.com/>, downloaded 2018-03-16

<http://balticworlds.com/wp-content/uploads/2018/03/Bw-4-2017-uppslag.pdf> downloaded 2018-03-19

Literature

Peter ARONSSON, *Historiebruk: Att använda det förflutna*, Lund 2004.

Atomenergien: Betänkande med förslag avgivet av 1955 års atomenergiutredning, 1956, SOU 1956:11, Stockholm 1956.

Gunilla BANDOLIN & Sverker SÖRLIN, *Laddade landskap – värdering och gestaltning av teknologiskt sublimes platser*, R-07-14, Stockholm 2007.

Henrik BORG & Helen SANNERSTEDT, *Barsebäcks kärnkraftverk: Dokumentation*, Regionmuseet Kristianstad/Landsantikvarien i Skåne, Rapport 2006:57, Kristianstad 2006.

Maja FJAEASTAD, *Sveriges första kärnreaktor: Från teknisk prototyp till vetenskapligt instrument*, SKI Rapport 01:1, Stockholm 2000.

Maja FJAEASTAD & Thomas JONTER, “Between welfare and warfare: the rise and fall of the ‘Swedish line’ in nuclear engineering”, *Science for welfare and warfare: technology and state initiative in cold war Sweden*, Lundin, Per, Stenlås, Niklas & Gribbe, Johan, eds, Sagamore Beach, MA 2010.

Maja FJAEASTAD, “Ett kärnkraftverk återuppstår – från SNR200 till Wunderland Kalkar”, *Bebyggelsehistorisk tidskrift*, nr 63, Stockholm 2012.

Nils FORSGREN, *På Norrbys tid: Vattenfallhistoria med kraft, spänning och motstånd*, Nacka 1993.

Florence FRÖHLIG, “Nuclear Legacies – Saga of Modernity” in *Balticworlds*, Dec 2017. Vol. X:4, Huddinge 2017.

Jan GLETE, *Asea under 100 år: 1883–1982: En studie i ett storföretags organisatoriska, tekniska och ekonomiska utveckling*, Uddevalla 1993.

Jan GARNERT ed *Kärnkraft retro*. Stockholm: Tekniska museet 2008.

Björn HORGBY och Dag Lindström, “Begreppet kulturarv – något för historievetenskapen?” *Historisk tidskrift* nr 2, Stockholm 2002.

Tomas JONTER, *Sweden and the Bomb: The Swedish plans to acquire Nuclear Weapons, 1945–1971*, SKI Report 01:33, Stockholm 2001.

Thomas JONTER, *Kärnvapenforskning i Sverige: Samarbetet mellan civil och militär forskning 1947–1972*, SKI Rapport 02:19, Stockholm 2002.

Fredrik KROHN ANDERSSON, *Kärnkraftverkets poetik: Begreppsliggöranden av svenska kärnkraftverk 1965–1973*, Konstvetenskapliga institutionen, Stockholm University, Stockholm 2012.

Kulturfastighetsutredningen part 1 and 2, 2009, Statens fastighetsverk, i *Kulturvärden*, Stockholm 2009.

Stefan LINDSTRÖM, *Hela nationens tacksamhet: Svensk forskningspolitik på atomenergiområdet 1945–56*, Stockholm 1991.

Alvar ÖSTMAN, Erfarenheter av den svenska linjen, tungt vatten och naturligt uran i Ågesta kraftvärmeverk. SKI rapport 02:64, Stockholm 2002.

Anna STORM, "Nuclear power plants as memory sites" i *Baltic Worlds* 2010, volym 3, nr 4, Huddinge 2010.

Anna STORM, *Post-Industrial Landscape Scars*, New York 2014.

Magdalena TAFELIN HELDNER, Eva DAHLSTRÖM-RITTSÉL, Per LUNDGREN, *Ågesta – kärnkraft som kulturarv*. Stockholm 2008.

Magdalena TAFELIN HELDNER, Eva DAHLSTRÖM-RITTSÉL, Per LUNDGREN, "Värdet av kärnkraftverk som kulturarv" in *Bebyggelsehistorisk tidskrift* No 65/2013, Stockholm 2013.

Sebastian ULVSGÄRD, *Berättelsen – ett verktyg för kulturmiljövården. Fokus på kulturhistoriska berättelser i värderings- och urvalsarbete*, Inst. för kulturvård, Göteborgs universitet, not printed 2012.

Axel UNNERBÄCK, *Kulturhistorisk värdering av bebyggelse*, Riksantikvarieämbetet, Uppsala 2002.

Zusammenfassung

Auf dem Weg in eine post-industrielle Ära Erkenntnisse aus der Begutachtung des Kernkraftswerkes Ågesta

Das südlich von Stockholm gelegene Kernkraftwerk Ågesta, von 1963 bis 1974 in Betrieb, war Schwedens erstes kommerzielles Kernkraftwerk. Es wurde errichtet, um eine neu geschaffene Vorstadt mit Fernwärme und Strom zu versorgen. Gleichzeitig war es Teil der Umsetzung der Atomstromstrategie „Schwedische Linie“. Ziel der schwedischen Regierung war, das Land aus der in den 1950er Jahren als bedrohlich empfundenen Abhängigkeit von Kohle und Öl zu befreien, indem Schweres Wasser (Deuterium) und schwedisches Uran genutzt wurden. Das Kernkraftwerk Ågesta ist lange abgeschaltet und seine Zukunft ungewiss. Auf Basis von Erkenntnissen aus einem Forschungsprojekt zur Anlage betrachtet dieser Artikel das Kernkraftwerk als Kulturerbestätte. Sein Wert als Kulturerbe wird anhand von zwei verschiedenen Modellen analysiert. Der Artikel endet in einer Diskussion darüber, wie die Wahl eines Modells zur Begutachtung die Sichtweise auf das Kernkraftwerk als Kulturerbestätte beeinflusst und gibt einige Überlegungen zu Anforderungen des Kernkraftwerbes in der Zukunft mit auf den Weg.

¹ TAFVELIN HELDNER, DAHLSTRÖM-RITTSÉL, LUNDGREN 2008.

² e. g Storm, 2010, 2014 KROHN ANDERSSON, 2012, TAFVELIN HELDNER, DAHLSTRÖM RITTSÉL, LUNDGREN, 2013, Fjaestad 2001, 2012, Fjaestad and Jonter, 2012.

³ TAFVELIN HELDNER, LUNDGREN och DAHLSTRÖM-RITTSÉL (2008) p. 27–58.

⁴ LINDSTRÖM, 1991 p. 11ff.

⁵ Atomenergien: Betänkande med förslag avgivet av 1955 års atomenergiutredning, SOU 1956:11 (Stockholm 1956).

⁶ Atomenergien, 1956, SOU 1956:11.

⁷ FJAESTAD, 2001.

⁸ ÖSTMAN, 2002, p. 21.

⁹ UNNERBÄCK, 2002, p. 27 ff.

¹⁰ TAFVELIN HELDNER, DAHLSTRÖM-RITTSÉL, LUNDGREN, 2008, p. 61–98.

¹¹ Lately the relation between the Ågesta site and the plans for a Swedish Atomic Bomb has been articulated, FJAESTAD och JONTER, 2012 och WALLERIUS, 2012.

¹² "Marviken ska säljas – blir hotell?", *Norrköpings tidningar* 2018-03-19. <http://www.nt.se/norrkoping/artikel.aspx?articleid=7938156>, 2018-03-19.

¹³ <https://nuclearlegacies.wordpress.com/>, <https://atomicheritage.wordpress.com/> International projects hosted from Sweden.

¹⁴ Flowers also addressed the need to reflect on the holding and displaying of radioactive materials in museums.

¹⁵ Statement by Alan Flowers from mail to Anna Storm, presented at meeting 2018-11-22.

Dounreay Heritage Strategy: White Heat of Heritage

Andrew Croft

Dounreay is a unique site in the history of the nuclear industry in Britain. Situated on the remote northern coastline of Scotland far from major cities, it was, and remains to this day, an experimental facility. Originally, it experimented, on an industrial scale, with the development of fast breeder nuclear reactor technology, firstly, with the Dounreay Fast Reactor (DFR), which went critical in 1959, followed in 1974 by the larger Prototype Fast Reactor (PFR). Both of these reactors represent pioneering examples of nuclear technology and Dounreay is undoubtedly a remarkable testament to the engineering ingenuity of the mid/late 20th century. It emerged as a bold response to the political and industrial landscape of Britain in the 1950s, an attempt by the government to forge a new approach to power generation in a burgeoning industrial economy.

The DFR and PFR formed the heart of a much larger industrial complex which included the Dounreay Material Testing Reactor (DMTR), the Fuel Cycle Area (FCA), numerous light industrial and office buildings, supporting

medical and security buildings and, for many years, its own runway (Fig. 1). This complex operated as a functioning nuclear facility from 1954 to 1996 when reprocessing of fuel ceased at the site.

The end of power generation (with the closure of the PFR in 1994) and the cessation of reprocessing in 1996 did not mark the end of the site's experimental and engineering excellence. The early development of nuclear technology at the site had left it with a legacy of contamination and radioactive risk. Starting in 2000 the UK government set out a 60-year plan to decommission the site; this was accelerated in 2008 to c. 2025.

Delivering this decommissioning in a safe and environmentally sound manner continues to require the development of new engineering processes and techniques to tackle unique contamination and dismantling issues. These include the challenge posed by the use in 1954 of NaK, a sodium-potassium alloy, as the coolant for the DFR. NaK has excellent heat-transfer properties but is highly reactive



Fig. 1: View of Dounreay site mid 2000s.

with air and water, and a quantity as small as one gram represents a fire and explosion hazard. The decommissioning of the DFR therefore posed very particular technological challenges.

Consequently, the decommissioning of Dounreay has required as much ingenuity, innovation and commitment as its creation and operation. The site continues to be decommissioned and its engineering and experimental legacy continues to grow.

Further detail on Dounreay's history can be found in the publically available Dounreay Heritage Strategy document at <https://dounreay.com/community/heritage/>.

Need for a strategy

The DFR's highly distinctive and iconic spherical form (Fig. 2) has long attracted public attention and has become part of the symbolism associated with pro and anti-nuclear material and campaigns; while its control room epitomises the clean lines of a 1950s sci-fi aesthetic (Fig. 3). The decision in 2000 by the UK government to decommission the site and remove all facilities led to questions from the public and professional stakeholders. This ultimately led to Historic Scotland (now Historic Environment Scotland), the Nuclear Decommissioning Authority (NDA) (a UK government funded agency) and Dounreay Site Restoration Limited (DSRL) (the company charged with decommissioning the site) to develop a brief for a heritage strategy to inform the decommissioning plans for the site; taking into account a clear recommendation from public consultation carried out in 2007 by the Dounreay Stakeholder Group to ensure that the End State of the site included “*an open and transparent*

decision on the future of the DFR sphere, taking into account its national heritage significance”.

Atkins was appointed to prepare the strategy in 2008, following a public tender exercise. The author led the team responsible for the development of the strategy.

Approach

Development of the strategy was founded on accepted approaches to heritage conservation management prevalent in the UK at that time. But in keeping with the site's history the strategy sought to innovate and develop from these foundations. The strategy was based on a robust understanding of the site and its cultural values and on a clear recognition of the issues and external factors relating to decontamination, waste management and decommissioning and their interaction.

The strategy was not developed in isolation by the consultancy team and DSRL. The NDA and Historic Scotland were also closely involved in the development of the strategy. In addition, the strategy was informed by discussions with National Museums Scotland, Caithness Horizons and the Dounreay Stakeholder Group¹ (an independent body who provide public scrutiny of the Dounreay site). The draft strategy was also subject to formal stakeholder consultation in 2009/2010.

The broad stages in the strategy's development included:

Stage 1: Understanding Dounreay

This was the starting point for the strategy involving extensive analysis and research to develop a clear understanding

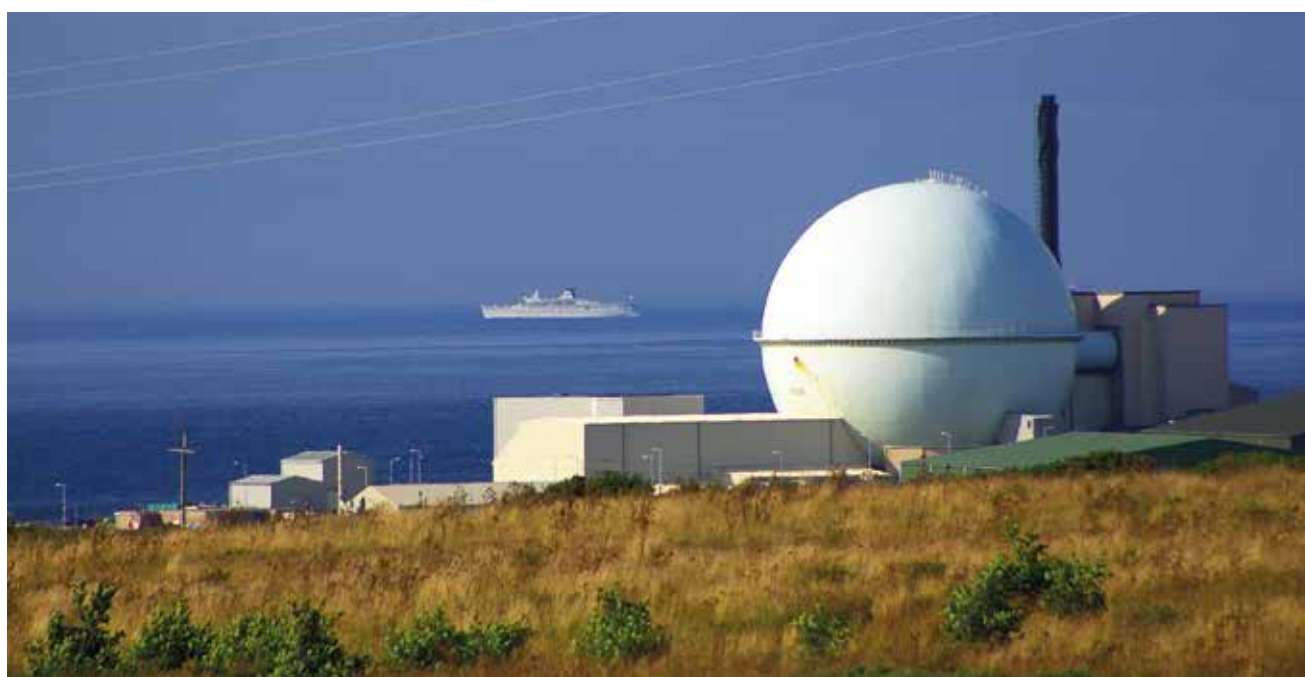


Fig. 2: Dounreay Sphere, 2008.



Fig. 3: DFR Control room, c. 1958.

of the site's history, current form and characteristics. This included a detailed overview of Dounreay's historic development, its current character and the nature of surviving buildings, places, archives and objects. It also explored its social history and some of the defining non-physical characteristics of the site. The aim was to create a broad understanding of the site's development, characteristics and operation.

Stage 2: Exploring Cultural Value

"Cultural Value", as a concept, has long underpinned approaches to the management of places of cultural and heritage significance. A key stage in the development of the strategy was an exploration of its many cultural values using a range of approaches to assess the historic and cultural significance of a place. It began with an exploration of Dounreay in the context of the national and international nuclear industry. This led to the development of a 'Statement of Significance' that addressed the historic, evidential, aesthetic and communal values associated with the site. These categories of value reflected standard conservation thinking in the UK in 2008.

In keeping with the exploratory nature of the strategy, the assessment then moved on to explore two other views of Dounreay and its values. Firstly, a "Change and Creation" approach based on a methodology for understanding 20th century places developed by English Heritage in 2005² and secondly a "View from the Future" which attempted to pro-

vide a speculative review of how the site may be viewed from a more distant historic perspective. This approach, and the wider strategy, was later subject to particular scrutiny by Anders Högberg and Cornelius Holtorf (2014).³

Stage 3: International Comparators

In the global context it was clear that Dounreay was not the only nuclear installation facing the challenge of combining decommissioning and closure with the conservation of heritage value. A key stage in the development of the strategy involved research into a number of establishments across the world which were also moving through this process, including EBR-1, Hanford B Reactor, X-10 Reactor, Chicago Pile-1, Nuclear Ship Savannah, USS Nautilus (SSN571) and Big Rock Point (all in the USA); as well as Chinon A1 in France and Calder Hall in England. The strategy also looked at the US Department of Energy's Manhattan Project Preservation Initiative and Cold War (as it stood in 2008).

Stage 4: Exploring Possible Approaches to Developing a Cultural Legacy

Even before the strategy was commissioned it was clear that Dounreay and its history were worth celebrating, conserving and communicating to future generations. Given this, a key stage of the strategy therefore focussed on what should be celebrated, conserved and communicated and how this

might be safely and cost effectively done; the latter two aspects being important in the wider context of the decommissioning programme and the contamination and safety issues associated with nuclear facilities.

The strategy sought to explore and identify what it was about Dounreay that society should seek to celebrate, conserve and communicate. The various cultural values of the site provided a starting point for developing and assessing ideas for the creation of a cultural legacy. In terms of identifying how such a legacy could be safely and affordably achieved in the context of the lifetime plan, DSRL, in consultation with NDA, has determined the viability and acceptability of various different approaches. This included examining assumptions in the then current lifetime plan for the decommissioning of the site and undertaking further analyses of possible ideas relating to conservation and retention. All of this had to occur within the context of the operational environment and the contamination (and other) issues facing the site.

The strategy explored three broad themes: physical conservation and retention of buildings and objects; retaining evidential material in the form of archives, records and oral history; and communicating and celebrating Dounreay's achievements and wider context; and used these to identify possible options and ideas that, based on available evidence, may have been deliverable; and other ideas and options that, for a variety of reasons, were not feasible.

Stage 5: Options and Way Forward

A key aim of the strategy was to ensure a broad consensus on the way forward for the site, taking into account the wide range of options considered. The draft strategy set out a range of activities that would be delivered by DSRL within the context of its daily operation and by other external parties working in partnership with DSRL. Following consultation these were further revised and additional partnership opportunities were identified.

Stage 6: Implementation

Following publication and adoption of the strategy, DSRL and its partners have focussed on implementing key activities and projects over the last eight years.

Outcomes

The strategy developed and proposed an approach to the heritage of Dounreay that reflected the complex history, values and contaminated nature of the site. During its development the following options for the site were discounted for a range of reasons:

1. Retention of the site in its entirety – discounted due to safety and security issues; decontamination costs and long-term maintenance costs; the extent of ground contamination in FCA; and the need to remove facilities due to contamination and structural issues;
2. Retention of PFR and FCA in their entirety – discounted due to the above reasons and deterioration of the PFR's external cladding;
3. Retention of DFR sphere and DMTR – discounted as the removal of contaminated plant and equipment would have left only the metal shells removing evidential and technological value of the structures; additionally the metal shells would have never been 100% clear of radioactive contamination; there were also very significant care and maintenance costs; and limited public access due to safety and security issues with proximity of waste stores;
4. Retention of buildings and conversion for other uses in the short term – discounted due to restricted public access; safety and security issues; high costs for conversion and maintenance and the lack of a sustainable market;
5. Preservation of all objects – not achievable as many were radioactively contaminated with associated health and safety issues; there was also a lack of suitable storage space; and
6. Development of the site or part of the site as a visitor centre – discounted as there was restricted public access onto the site due to safety and security issues; a low level of projected visitors and funding issues.

The focus of the strategy was not therefore on the physical conservation of buildings and objects. Instead it sought to celebrate and conserve the site's cultural legacy through a range of activities and programmes that would be embedded within the site's operations alongside a range of other opportunities that would be delivered in partnership with other organisations. This partnership approach⁴ was particularly important in enabling DSRL to access knowledge and skills outside of its normal remit.

Key outcomes led by DSRL included:

Object collection and recording – A key aim was the creation of a safe, comprehensive and high quality collection of artefacts to commemorate and interpret Dounreay for the future, as well as the provision of material for any future research. To help ensure long term conservation a partnership was established with National Museums Scotland (NMS) and Caithness Horizons (as local museum) to develop acquisition policies and a Memorandum of Understanding relating to the long-term care and ownership of objects.

Site archive – As a site Dounreay generated a vast wealth of technical and social history documentary material during its active lifetime. The strategy recommended the expansion of the site's technical archive which covered reports, documents, photographs, film and drawings, to include a representative sample of social history material.

Oral history programme – The stories and histories of the workers across the life of the site, including those involved in its decommissioning, were considered to be a valuable resource and a formal oral history has already been

established. This was then expanded and its outputs archived and stored as part of the Dounreay Site Archive.

Building recording – Given the decision to demolish all structures at Dounreay, the recording of buildings became a vital component of the heritage strategy. The strategy recommended that a standardised process was developed across the site to ensure that structures, fixtures and fittings were appropriately recorded prior to decommissioning commencing and during the process of cleaning and demolition.

Publications – Building on existing publications the strategy recommended that proposals for publications relating to the history of the site and the decommissioning story should be supported by DSRL.

Online and virtual material – Engaging wider audiences was a key outcome, beginning with the creation of a dedicated heritage space on the DSRL web-site. Beyond this the strategy advocated further engagement with a range of technical and non-specialist audiences.

Public display and access – It was recognised that a partnership with Caithness Horizons and others offered the opportunity to give the public access to the story of the site and some of its material culture and the NDA provided significant funding to assist the operating costs of Caithness Horizons.

In addition, it was recommended that DSRL and the NDA develop partnerships to deliver funded academic study, off-site exhibitions, an international conference on nuclear heritage and a commemorative installation.

All of the above was to be coordinated and led by a dedicated Heritage Officer, employed by DSRL and based at Dounreay. This post was to be supported by a specialist Heritage Advisory Panel of recognised experts.

Delivery

As set out in a series of articles and project updates⁵ much has been achieved through the delivery of the strategy, including:

- The establishment of a growing collection of engineering and social history objects;
- A range of funded academic studies (mainly PhDs) relating to the site, its history and social impact;
- A growing archive of building recording material and oral history recordings;
- The accession of the DFR Control Room to the National Museum of Scotland and the Science Museum in London, for long term conservation and future public display;
- The display of the DMTR control room at Caithness Horizons as part of a wider exhibition on Dounreay (Fig. 4);
- The transfer of the Dounreay photo archive to Nucleus, the UK's newly opened purpose built nuclear industry archive;
- Display of objects from the PFR in a new *Energise* gallery at the National Museum of Scotland; and
- A number of technical publications, public talks and lectures.

This has all occurred in the context of an ongoing programme of decommissioning which is gradually dismantling and removing all buildings, waste and material at the site (Fig. 5).

This combination of active dismantling, alongside active curation of the material being dismantled distinguishes the strategy from other historical forms of reactive “rescue” recording or collection. The contaminated nature of the site,



Fig. 4: DMTR control room in Caithness Horizons.



Fig 5: Decommissioning near DMTR.

the complex programming of decommissioning activities and its strict security requirements mean that any heritage programmes have to be carefully planned and delivered; *ad hoc* responses cannot occur. The heritage programmes also have to be delivered in the context of restricted government funding and by organisations whose primary purpose is the safe and efficient dismantling of a complex and potentially hazardous site, not the delivery of heritage outcomes. The external partnerships with organisations such as the National Museums Scotland, Historic Environment Scotland (incorporating the Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Scotland), local societies and local museum groups are therefore particularly important in attracting funding and expertise to support heritage activities.

However, perhaps the biggest test for the strategy remains. As of yet, the visually iconic centrepiece of the site, the DFR Sphere, remains. While its ancillary structures and internal elements may have been removed the sphere stands, to the unformed eye, seemingly untouched at the centre of the site. The dismantling of this structure will mark the end of Dounreay for many people. The success of the strategy may ultimately be measured by public and professional reaction to the controlled removal of the DFR Sphere and their level of acceptance that the legacy delivered by the strategy reflects the historic and cultural significance of Dounreay and its sphere.

Considerations for other sites

As a pioneer of nuclear heritage activity there are many lessons, major and minor, that can be learned from the develop-

ment and implementation of the Dounreay Heritage Strategy and many of these have been set out elsewhere⁶, but there are perhaps five key lessons that I would suggest others approaching the conservation of nuclear sites consider:

- Every site requires a unique approach – no two nuclear facilities are the same. They all represent different technologies, different social and temporal circumstances and have different hazard legacies. There cannot be a single pan-industry approach. Strategies need to be developed to reflect the unique characteristics of each site in the context of an industry-wide understanding of nuclear history and heritage;
- Plan and begin early – ideally organisations should plan for heritage issues as the site is designed and built, but that is rarely possible. Beginning planning when the site is still in operation is advantageous as many aspects of its social history can be captured at that point. If that is not achieved then heritage issues should be considered at the very earliest stages of decommissioning planning as complexities and costs make changing decommissioning plans very difficult;
- Build support with politicians, staff and stakeholders – nuclear heritage is contentious and challenging. Each site develops its own institutional culture, each country and region has its own reaction to its nuclear past and present. It is vital that all parties are engaged with the objectives of heritage conservation activity and that their views help shape approaches to a site;
- Work in partnership – no one organisation has the skills and experience required to develop and deliver the sensitive decommissioning of a nuclear heritage facility. Partnerships with nuclear regulators, operators, heritage cura-

tors, museums and others are therefore critical to ensure viable outcomes are achieved; and

- Accept loss – nuclear sites cannot be approached like normal heritage monuments and places. Many have inherently dangerous and unsafe levels of contamination and often key buildings and objects must be lost as part of a safety-led decommissioning process. Accepting this can lead to imaginative and innovative responses utilising technology, people, art and academia to create viable and long lasting legacies.

Bibliography

- Anders HÖGBERG and Cornelius HOLTORF, Communicating with future generations: what are the benefits of preserving cultural heritage? Nuclear power and beyond, 2014, published in *European Journal of Post-Classical Archaeologies* (pp. 343–358).
- Beki POPE, Joanne HOWDLE, James GUNN, The Dounreay Heritage Partnership Project – An innovative approach to developing successful museum partnership working activities, 2015, TICCIH 2015 Conference – Industrial Heritage in the Twenty-First Century, New Challenges.
- English Heritage, Change and Creation: Historic Landscape Character 1950–2000, 2005.
- James GUNN and Andrew CROFT, Dounreay Heritage Strategy, 2010, Dounreay Site Restoration Limited.
- James GUNN, A Unique Journey in Preserving Nuclear Industrial Heritage, 2012, published in *Defence Sites Heritage and Future*, WiT Press, pp 175–186.
- James GUNN, Dounreay Heritage Project Annual Report 2016/17, April 2017 (see https://dounreay.com/wp-content/uploads/2017/12/Heritage_annual_report_2016_17_issue_1_w-logo_2.pdf)
- James GUNN, Dounreay Heritage Project Progress Report – Oct to Dec 2017, January 2018 (see https://dounreay.com/wp-content/uploads/2018/02/Heritage_report_Oct_to_Dec_2017_issue_1.pdf)
- James GUNN, Preserving Nuclear Industrial Heritage at Dounreay, 2015, published in *Industrial Archaeology News No. 175*, The Bulletin of the Association for Industrial Archaeology, pp 8–10.

Zusammenfassung

Die Dounreay Kulturerbe-Strategie: White Heat of Heritage

Dounreay ist ein bemerkenswertes Zeugnis industriellen Einfallsreichtums des mittleren/späten 20. Jahrhunderts. Es entstand als kühne Antwort auf die politische und industrielle Landschaft Großbritanniens in den 1950er Jahren, als Versuch der Regierung, eine neue Herangehensweise an Stromerzeugung in einer aufkeimenden Wirtschaft zu schaffen. Der Mittelpunkt des „Fast Breeder“-Reaktor-Programms wurde zur Keimzelle ingenieurwissenschaftlicher Forschung und Kompetenz und brachte den wegweisenden „Dounreay Fast Reactor“ (DFR) sowie den „Prototype Fast Reactor“ (PFR) hervor. Nach der Stilllegung des PFR im Jahre 1994 und dem Ende der Wiederaufbereitung im Jahre 1996 wurde die Anlage abgeschaltet – ein Unterfangen, das sowohl in ingenieurwissenschaftlicher als auch in naturwissenschaftlicher Hinsicht herausfordernd ist.

2008 gaben die Anlagenbetreiber gemeinsam mit Historic Scotland die Dounreay Strategie in Auftrag, um den Abschaltungsprozess zu unterstützen und sicherzugehen, dass das historische und ingenieurwissenschaftliche Erbe hinreichend beachtet wird. Die Dounreay Strategie ermöglichte ein klares Verständnis für die Bedeutung des Kernkraftwerkes und zeigte einen gemeinsam beschlossenen Weg auf, das Erbe für zukünftige Generationen zu sichern und zugänglich zu machen. Die Absprachen führten nicht dazu, dass bestehende Strukturen der Anlage einschließlich der optisch ikonischen DFR-Kugel beibehalten wurden. Stattdessen konzentrierte sich die Strategie darauf, dass eine Reihe von Kulturerbe-Programmen und Kulturerbe-Aktivitäten angeboten wurden. Die fortwährende, erfolgreiche Entwicklung und Umsetzung dieser Angebote hat u. a. museale Ausstellungen, Archive, wissenschaftliche Studien und mündliche Geschichtsprojekte hervorgebracht.

Die Kombination von aktivem Rückbau und gleichzeitigem Kuratieren des zurückgebauten Materials unterscheidet die Dounreay Strategie von anderen Formen reaktiver Erfassung oder Sammlung zur „Rettung“. Die Akteure der Dounreay Strategie als frühe Pioniere auf diesem Feld haben einige Lehren gezogen, die für Entwicklungsstrategien in anderen Anlagen von Bedeutung sein können. Diese beinhalten die Notwendigkeit, den Verlust von kontaminierten Gebäuden zu akzeptieren, die oftmals wie gebaute „Wahrzeichen“ wirkten, und starke Partnerschaften aufzubauen, um umstrittene Projekte im Abschaltvorgang zu fördern.

¹ <http://www.dounreaystakeholdergroup.org/>

² <https://www.historicengland.org.uk/images-books/publications/change-and-creation-historic-landscape-character/>

³ HÖGBERG, Anders & HOLTORF, Cornelius, 2014, 343–358.

⁴ See POPE, HOWDLE & GUNN, 2015.

⁵ See POPE, HOWDLE & GUNN, 2015; GUNN, 2012; GUNN, 2015; GUNN, 2017; GUNN 2018.

⁶ GUNN, 2012, 184–185

Kernkraftwerk Zwentendorf. Die sanfte Vermarktung eines ungewöhnlichen Ortes. Ein österreichischer Sonderweg

Stefan Zach

Der Bau des Kraftwerks

Die Befassung mit der friedlichen Nutzung der Kernenergie hat in Österreich bereits in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts begonnen. In den 60er Jahren wurde dann eine Gesellschaft namens GKT gegründet, die von der österreichischen Bundesregierung den Auftrag erhalten hat, nach einer geeigneten Kerntechnologie zu suchen – das war damals entweder Druckwasser- oder Siedewassertechnologie – nach Kraftwerksstandorten in Österreich Ausschau zu halten und letztendlich Kernkraftwerke in Österreich zu errichten. Der Energieplan der Republik Österreich des Jahres 1976 hatte insgesamt mehrere Kernreaktoren mit einer Gesamtleistung von 3 300 Megawatt vorgesehen. Kohle- oder Gaskraftwerke mit dieser Leistung können im Volllastbetrieb den Strombe-



Abb. 1: Bau Kernkraftwerk Zwentendorf, 1973.

darf für fünf bis sechs Millionen Haushalte erzeugen. Die Kernenergie hätte also einen wichtigen Beitrag zur Stromproduktion in Österreich leisten sollen.

Die GKT bemühte sich und kaufte insgesamt drei Kraftwerksstandorte an. Neben Zwentendorf gab es bereits gewidmete Kraftwerksareale in St. Pantaleon an der niederösterreichisch-oberösterreichischen Landesgrenze und im kärntnerischen Sankt Andrä.

Am 4. April 1972 erfolgte der Spatenstich für das Kernkraftwerk Zwentendorf, das mit einer Leistung von 750 Megawatt bis zu 1,8 Millionen Haushalte mit Strom versorgen sollte (Abb. 1, 2, 3). 1976 war das Kernkraftwerk fix und fertig (Abb. 4, 5). Es fehlte lediglich der behördliche Bescheid zur Inbetriebnahme. Zu diesem Zeitpunkt wurde der damalige Bundeskanzler Bruno Kreisky zum Vater von Zwentendorf in der ungewöhnlichen Form, in der wir es heute kennen. Er reagiert auf den Widerstand gegen die Kernenergie im Allgemeinen und den Kraftwerksstandort Zwentendorf im Speziellen und beschloss in einer einsamen Stunde die Abhaltung einer Volksabstimmung, die darüber entscheiden sollte, ob das fertiggestellte Kraftwerk in Betrieb geht oder nicht. Und er verband sein persönliches politisches Schicksal mit dem Ausgang der Volksabstimmung, indem er für den Fall eines negativen Ausgangs seinen Rücktritt ankündigte.

Das Kernkraftwerk Zwentendorf spaltete zwar von Anfang an keine Atome, dafür aber Menschen und Meinungen. Es polarisierte die Menschen in Österreich wie kaum ein anderes Thema zuvor.

Die Volksabstimmung

Am 5. November 1978 fand schließlich die Volksabstimmung über die Inbetriebnahme des AKW Zwentendorf statt. Das Ergebnis hätte knapper nicht sein können: 49,53 % – das entsprach 1.576.839 Stimmen – stimmten für die Inbetriebnahme, 50,47 % – also 1 606 308 Stimmen – dagegen. Weniger als 30 000 Stimmen Überhang entschieden über das Schicksal dieses Kraftwerks und prägten damit die österreichische Energiepolitik der nächsten Jahrzehnte nachhaltig.

Als in den Abendstunden des 5. November 1978 das knappe Ergebnis in den österreichischen Medien verkündet wurde, brach für über 200 bereits am Standort beschäftigte hochqualifizierte Kerntechniker eine Welt zusammen. Ihnen

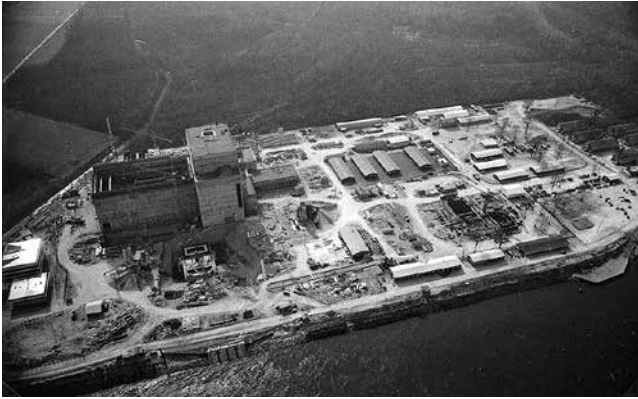


Abb. 2: Bau Kernkraftwerk Zwentendorf, 1974.



Abb. 3: Bau Kernkraftwerk Zwentendorf.

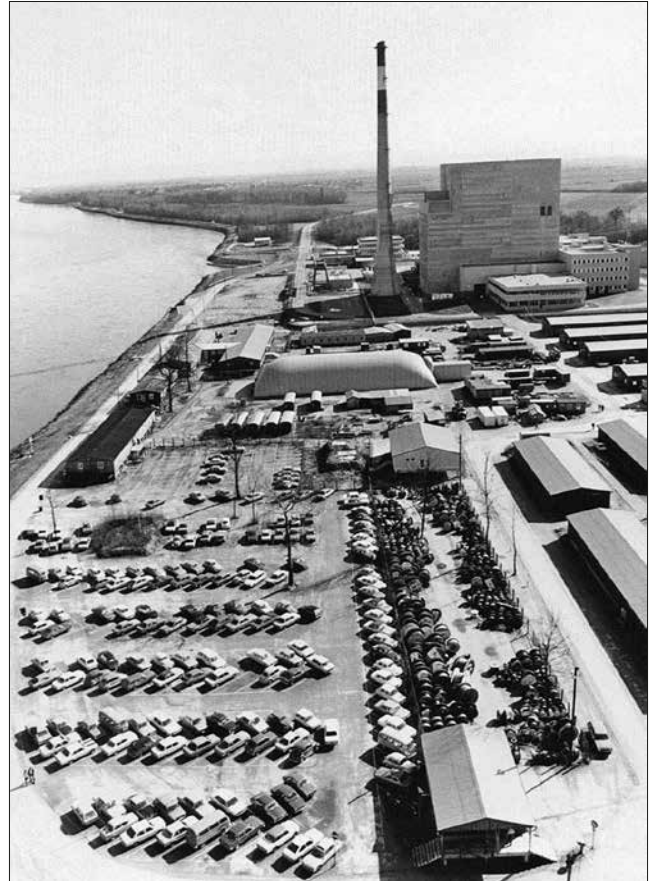


Abb. 4: Vogelperspektive von Westen.



Abb. 5: Schaltwarte, 1978.

wurde plötzlich bewusst, dass sie ihren Beruf, für den sie jahrelange Spezialausbildungen in Deutschland und den USA absolviert hatten, in Österreich nicht würden ausüben können.

Die Politik war ebenfalls überrascht. Mit diesem Ergebnis hatte kaum jemand in Österreich gerechnet, da die beiden bestimmenden politischen Parteien SPÖ und ÖVP eindeutig für die friedliche Nutzung der Kernenergie waren. Die in Opposition befindliche ÖVP sah allerdings eine große Chance, Bundeskanzler Bruno Kreisky auf diesem Weg politisch zu beschädigen. Dieser trat allerdings nicht zurück

und konnte in den Folgejahren noch große Erfolge für seine Partei erringen.

Die Manager der österreichischen Energiewirtschaft waren entsetzt. Sie hatten bis zu diesem Zeitpunkt bereits hunderte Millionen Euro in dieses Kraftwerk investiert und konnten nicht glauben, dass man ein Kraftwerk fertig bauen und dann nach einer Volksabstimmung nicht in Betrieb nehmen darf. Diese spezielle Form der Bürgerbeteiligung in Österreich, zuerst ein Kraftwerk zu bauen und dann das Volk zu fragen, ob es in Betrieb gehen soll, wurde lange Zeit international belächelt. Seit den Reaktorkatastrophen

von Tschernobyl und Fukushima hat sich das allerdings geändert.

Die österreichische Energiewirtschaft hatte ursprünglich gar keine Kernkraftwerke bauen wollen, da sie in ihrer strategischen Planung auf den weiteren Ausbau der Wasserkraft und der thermischen Produktion in Gas- und Kohlekraftwerken setzte. Erst nachdem die Politik die Förderungen für die Errichtung großer Wasserkraftwerke gestrichen hatte, konnte sich die österreichische Energiewirtschaft dann doch für die Kernkraft erwärmen.

Die Eigentümer des Kraftwerks – acht österreichische Energieunternehmen – konnten nach der Volksabstimmung nicht glauben, dass das betriebsbereite AKW Zwentendorf nie würde Strom erzeugen können. Ein Teil der Eigentümer dachte, dass die Politik ihre Meinung nochmals ändern würde und man das Kraftwerk in absehbarer Zeit doch in Betrieb nehmen könnte. Deshalb beschlossen sie, die Anlage zu konservieren und betriebsbereit zu halten.

Konservierungsbetrieb und Ort des Scheiterns

Dieser Konservierungsbetrieb war ein klassisches österreichisches Provisorium, das länger andauerte als gedacht. Ein Großteil der Mannschaft blieb weiterhin am Standort beschäftigt und hielt das Kraftwerk in Schuss. Der Betrieb des Kraftwerks wurde simuliert, ohne dass jemals eine Kilowattstunde Strom aus Kernspaltung erzeugt worden wäre. Leitungsverbindungen wurden auseinander genommen und an den Enden in Plastik eingeschweißt, um Korrosion zu verhindern. Der Konservierungsbetrieb dauert bis 1985 an, nach sieben Jahren entschieden die Eigentümer der GKT die Anlage stillzulegen und zu einem Ersatzteillager für Kraftwerke in ganz Europa zu machen. Bis zu diesem Zeitpunkt kostete Zwentendorf insgesamt eine Milliarde Euro, ohne jemals eine Kilowattstunde Strom aus Kernenergie erzeugt zu haben. Die Reaktor-Katastrophe von Tschernobyl ein Jahr später war für viele Österreicherinnen und Österreicher eine späte Bestätigung dafür, dass die Volksabstimmung 1978 doch richtig ausgegangen war. Der Ersatzteilverkauf war mäßig erfolgreich, ein Großteil der Anlage ist nahezu unverändert erhalten geblieben.

Die Betriebsmannschaft des AKW Zwentendorf begann sich in alle Windrichtungen zu verstreuen. Ein Großteil der Techniker hatte schon zu Beginn der 80er Jahre mit der Planung eines Ersatzkraftwerks auf Kohle/Gasbasis in unmittelbarer Nähe zum Kernkraftwerk begonnen. Dieses Kraftwerk ging 1985/86 in Betrieb, ein größerer Teil der Techniker wechselte dorthin. Andere wollten unbedingt ihren erlernten Job ausüben und gingen in Kernkraftwerke nach Deutschland, in die Schweiz, die Vereinigten Staaten und nach Brasilien.

Im Kernkraftwerk Zwentendorf wurde es hingegen immer stiller und einsamer. Langsam entwickelte sich das Gebäude

zu einem verwunschenen Dornröschenschloss hinter einem langsam vor sich hin rostenden Doppelstacheldrahtzaun. Nach einigen Jahren war hier nur noch eine Person beschäftigt. Von den Journalisten wurde er liebevoll der „Hausmeister von Zwentendorf“ genannt. Er ging täglich mit seiner Hündin Leonie und einer Ölkanne durch die Anlage, um Metallteile vor Korrosion zu schützen.

In dieser Zeit wurde Zwentendorf zu einem Ort, der für zwei Dinge ganz besonders steht: Nämlich für ein permanentes Scheitern. Hier ist drei Jahrzehnte lang alles gescheitert, was geplant war. Und Zwentendorf ist zu einem Ort geworden, der schräge Menschen und schräge Projekte angezogen hat, wie kein zweiter in Österreich.

Es gab einen einzigen vernünftigen Plan. Das war der Plan der Eigentümer, die Anlage in ein Gaskraftwerk umzuwandeln. Aufgrund der hohen Kosten wurde diese Möglichkeit aber verworfen.

Der österreichische Künstler Friedensreich Hundertwasser schlug vor, im AKW ein Museum der fehlgeleiteten Technologien einzurichten. Ein bekannter österreichischer Baumeister wollte das AKW Zwentendorf in ein Abenteuerland verwandeln. Der schillernde Unternehmer Udo Proksch wollte die Trauerkultur in Österreich revolutionieren und dazu neben dem AKW einen „Friedhof der Senkrecht-Bestatteten“ ins Leben rufen, auf dem die Verstorbenen in Glassäulen aufrecht platziert werden sollten. Für all diese Ideen konnten sich die Eigentümer des Kraftwerks nicht begeistern.

Schließlich wurde Zwentendorf auch noch von Hollywood als Filmkulisse für einen Actionfilm mit Dolf Lundgren entdeckt. Auch dieses Projekt scheiterte während der Dreharbeiten, weil die österreichische Filmfirma plötzlich in Konkurs ging und die Dreharbeiten abgebrochen werden mussten. Es folgte ein jahrelanger Rechtsstreit um die Szenen, die bereits in Wien gedreht wurden, bis sich das Filmunternehmen aus Hollywood dazu entschieden hat die Szenen in einem Schweizer Kernkraftwerk nachzudrehen. Der Film kam später in die Kinos, Szenen aus Zwentendorf waren keine dabei.

Dann war Zwentendorf auch noch viele Jahre das sicherste Kernkraftwerk der Welt, da in seinen Verwaltungsräumen die niederösterreichische Landespolizeischule untergebracht war.

EVN als Eigentümer

2005 erwarb das niederösterreichische Energieunternehmen EVN das historische AKW und das umliegende Kraftwerkssareal. Für den neuen Eigentümer stellt die 24 Hektar große, als Kraftwerkssareal gewidmete Fläche mitten im Auegebiet einen wertvollen Reservestandort dar. Da derzeit aber kein Bedarf an einem thermischen Kraftwerk etwa auf Biomassebasis am Standort besteht, begann die EVN das Areal bestmöglich zu vermarkten.



Abb. 6: Technisches Training, 2015.



Abb. 7: Schulungsreaktor, 2011.

Sicherheitstrainingszentrum

In einem ersten Schritt wurde ein internationales Sicherheitstrainingszentrum eingerichtet (Abb. 6, 7). Bis 2011 war das AKW Zwentendorf neun Monate im Jahr ausgebucht. An diesem geschichtsträchtigen Ort trainierten vorwiegend Kerntechniker aus den fünf typengleichen deutschen AKWs Krümmel, Brunsbüttel, Isar, Gundremmingen und Philippsburg. Aber auch die internationale Atomenergiebehörde mit Sitz in Wien ist regelmäßig mit internationalen Trainings zu Gast. Im Kraftwerk werden weltweit einzigartige Schulungsmöglichkeiten geboten, da auch Bereiche zugänglich sind, die sonst nur unter erheblichen Sicherheitsvorkehrungen begehbar wären. Auch wenn sich die anderen Kraftwerke in den letzten 40 Jahren selbstverständlich verändert haben, wird vor allem der Reaktor für Trainings genutzt, da dieser nach der Inbetriebnahme eines Kernkraftwerks unverändert bleibt. Unter realistischen Bedingungen können so Wartungs- und Reparaturarbeiten trainiert werden. In dieser Zeit hat Zwentendorf einen kleinen Beitrag zur Reaktorsicherheit in Europa geleistet.

Nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima und dem Wiederausstieg Deutschlands aus der Kernenergie gingen die Trainings stark zurück. Die EVN hat das Kernkraftwerk Zwentendorf mittlerweile in ein Rückbautrainingszentrum umgerüstet. Um Kernkraftwerke wieder fachgerecht zu demontieren ist Übung erforderlich. Die einzelnen Schrit-

te dafür können im Kernkraftwerk Zwentendorf trainiert werden.

Sonne statt Atom

Seit 2009 erzeugen Photovoltaikpaneele auf dem Dach, der Fassade und den Außenflächen des AKW Zwentendorf Strom aus Sonnenstrahlen (Abb. 8). In Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Wien wurde auf dem Kraftwerksgelände ein Photovoltaikforschungszentrum eingerichtet, in dem über fünf Jahre lang erforscht wurde, welche Solarpaneele für die Haus- und Garagendächer der EVN Kunden am besten geeignet sind. 2012 wurde das Sonnenkraftwerk im Rahmen eines Bürgerbeteiligungsmodells erweitert. Auch wenn mithilfe der Sonne in Zwentendorf nicht so viel Strom erzeugt werden kann, wie es durch Kernenergie möglich gewesen wäre, ist Zwentendorf dadurch zu einem Symbol für eine erneuerbare Energiezukunft geworden.

Ein Ort mit großem Potential

Seit 2010 bietet die EVN jeden Freitag Gratis-Führungen durch das AKW an. Es dauerte fünf Jahre, bis ein sicherer, behördlich genehmigter Führungsweg eingerichtet war, der



Abb. 8: Sonnenkraftwerk Zwentendorf.

einem breiten Publikum einen Einblick in das historische AKW und in die Welt der späten 70er Jahre ermöglicht. Das Interesse an den Führungen war von Anfang an gewaltig. Als die Führungen über die Homepage angeboten wurden, waren innerhalb weniger Tage alle Termine für drei Jahre ausgebucht und es gab zusätzlich 15 000 Anmeldungen.

Mittlerweile sind die Freitagvormittage für Schulen und Universitäten reserviert, während die beliebten Nachmittags-Führungen allen Interessierten zur Verfügung stehen. Außerdem können darüber hinaus Sonderführungen vereinbart werden. Jedes Jahr werden bis zu 15 000 Menschen durch das historische Kernkraftwerk und die Photovoltaikanlage geführt.

Auch als Seminar-Location wird Zwentendorf immer stärker nachgefragt. Es stehen einige modern ausgestattete Seminarräume in verschiedensten Größen für 14–130 Personen – je nach Nutzungsart – zur Verfügung. Die Räume sowie ein großzügiges Foyer befinden sich im Verwaltungsgebäude.

Ob Tagungen, Firmen-Events, Fotoshooting oder Musikfestival – Zwentendorf ist eine Bühne, die in den vergangenen Jahren vielen Ideen, Feiern und Veranstaltungen als Hintergrund gedient hat und bietet für viele Events die passende Location (Abb. 9). Das AKW bietet optimale Bedingungen für eine unvergessliche Veranstaltung.

Auch als Filmlocation ist das AKW Zwentendorf gefragt. Mittlerweile wurden einige Filmproduktionen wie etwa die



Abb. 9: Veranstaltung im Kraftwerk, 2009.



Abb. 10: Shutdown Festival, 2017.



Abb. 11: Schlangenroboter, 2013.

SAT1-Produktion „Restrisiko“ oder der französische Liebesfilm „Grand Central“ gedreht. Jedes Jahr kommen auch hunderte Journalisten und Fotografen an diesen ungewöhnlichen Ort und versuchen die Geheimnisse der 1050 Räume des alten AKWs zu ergründen.

Auch Musikveranstaltungen finden am Areal statt. 2012 sorgte das „Tomorrow Festival“ mit drei Bühnen und 80 Bands bei 10000 Besuchern für gute Stimmung. Im Sommer 2018 wurde zum zweiten Mal das „Shutdown-Festival“ am Areal des Atomkraftwerks umgesetzt (Abb. 10).

Das AKW Zwentendorf dient aber auch für Trainings von Einsatzorganisationen oder den freiwilligen Feuerwehren,

mit denen die EVN für Einsätze und Krisensituationen übt. Von Spezialeinheiten des Militärs und der Polizei bis zu deren Hundestaffeln, von den Feuerwehren über Industriekletterer bis zu Bergungsrobotern, für jeden findet sich der richtige Ort im AKW Zwentendorf (Abb. 11, 12).

Das AKW Zwentendorf ist heute ein Kernkraftwerk, das nicht spaltet, sondern eine große Mehrheit der österreichischen Bevölkerung in ihrer Ablehnung der Kernenergienutzung vereint. Viele Zeitzeugen sehen ihr damaliges Votum gegen die Kernenergienutzung in Österreich als das wichtigste Nein ihres Lebens. Für die EVN als Miterrichter und heutiger Eigentümer dieses Stückes österreichischer Zeitgeschichte ist die sinnvolle Nutzung dieses ungewöhnlichen Ortes eine schöne und sinnvolle Aufgabe (Abb. 13).

Abstract

Zwentendorf Nuclear Power Plant.

*The Gentle Marketing of an Unusual Location.
An Austrian Solution*

The 1976 Energy Plan of the Republic of Austria scheduled several nuclear reactors with a total capacity of 3300 megawatts. The groundbreaking ceremony for the first nuclear power plant in Zwentendorf took place on 4 April 1972; the



Abb. 12: Highline, 2016.

plant was completed in 1976. The only thing missing was the administrative decision on commissioning.

In a referendum on 5 November 1978 on the commissioning of the Zwentendorf nuclear power plant, the opponents of the use of nuclear power decided with a majority of less than 30,000 votes upon the fate of this power plant.

By this time, the managers of the Austrian energy industry had already invested hundreds of millions of euros in this power plant and decided to conserve the plant and keep it ready for operation. This status remained until 1985, when the decision was made to shut down the plant and turn it into a spare parts warehouse for power plants throughout Europe.

However, the sale of spare parts was only moderately successful, and a large part of the plant has remained almost unchanged. During this time, Zwentendorf became a place that attracted weird people and weird projects like no other in Austria. The plans ranged from a museum of misguided technologies and an adventure area to a „cemetery of the vertically buried“.



Abb. 13: Schaltwarte, 2012.

In 2005, the Lower Austrian energy company EVN finally acquired the historic nuclear power plant and the surrounding power plant area. For the new owner, the 24-hectare power plant site in the middle of the bottomland is a valuable reserve location.

As a first step, an international safety training centre was set up. At this historic location, mainly nuclear technicians from the five German nuclear power plants of the same type, Krümmel, Brunsbüttel, Isar, Gundremmingen and Philippsburg, were trained. After the reactor catastrophe at Fukushima and Germany's planned withdrawal from nuclear power, EVN converted the Zwentendorf nuclear power plant into a dismantling training centre. The photovoltaic panels installed in 2009 and a photovoltaic research centre at the power plant site made Zwentendorf a symbol of a renewable energy future.

Zwentendorf has become well-known far beyond the national borders as a training location for industrial climbers and disaster protection, through conferences and company events, as a film location, through photo shootings and music festivals. Every year, up to 15,000 people are guided through the historic nuclear power plant and the photovoltaic system.

Today, Zwentendorf is a nuclear power plant that does not split. Instead, it unites a large majority of the Austrian population in their rejection of the use of nuclear energy. In the run-up to the 40th anniversary of the referendum of 5 November 1978, many contemporary witnesses saw their vote against the use of nuclear energy in Austria as the most important „no“ in their lives. For EVN as co-author and current owner of this piece of Austrian contemporary history, the sensible use of this unusual site is a fulfilling and useful task.

Redevelopment and Reuse of Nuclear Facilities and Sites

Christophe Xerri

Summary

With an increasing number of nuclear facilities getting to the age of retirement, the question of the reuse and redevelopment is attracting strong interest. The question of preserving the heritage is becoming also a consideration. And the answer includes a mix of technical and regulatory feasibility, economic and environmental aspects and local stakeholder's expectations.

If some nuclear facilities have been brought to a so-called "greenfield" unrestricted use status (ie removed from nuclear regulatory control) at the end of their life, with all their buildings and equipment dismantled and disposed of, many have got a second life. If one end of the spectrum is the "greenfield" case which opens a full range of opportunities for new use, the other end of the spectrum would be facilities within a nuclear site which have changed function (from production to waste treatment as an example). But there are in the middle of the spectrum many examples of buildings and sites turning from a nuclear related use to another industrial use (Greifswald in Germany for instance), or moving from nuclear research to non-nuclear research (Fontenay aux Roses in France is a successful illustration). In some cases, landmark architecture has been maintained, in some other cases some "non-contaminated equipment" such as control rooms have been preserved; however, this is more the exception than the rule.

The publication of the IAEA on "Redevelopment and Reuse of Nuclear Facilities and Sites, Case Studies and Lessons Learnt" provides already a useful reference of what can be done, grounded in the strategy and the technical steps taken by these completed projects. And further additional work related to this topic is on-going.

Definitions

The following definitions have been devised:

- Reuse: the use of a facility or building for a purpose other than that for which it was originally intended and/or used, following the termination of its original use or the reuse for the original purpose but under new circumstances.
- Redevelopment: planning, further development, re-planning, redesign, clearance, reconstruction or rehabilitation of all or part of a project area.

Introduction

The International Atomic Energy Agency (IAEA) is part of the United Nations. It was established in 1957, with a mandate of seeking to accelerate and enlarge the contribution of atomic energy to peace, health and prosperity throughout the world. The work of the IAEA is aligned with supporting the United Nations Sustainable Development Goals. Today 168 States are members of the IAEA. The fields of activities of the IAEA include safeguards and verification of nuclear material, the development of nuclear safety standards which are a reference for Member States' own nuclear safety regulations and of nuclear security series, and nuclear science and technology concerned with nuclear energy as well as nuclear applications such as health, food, or monitoring of the environment. The IAEA gathers good practices and supports scientific development, and ensures dissemination of safety standards, security series and technological and operational good practices through publications, networks, peer review services, conferences and a program of technical cooperation to provide focused support to requesting Member States. The IAEA maintains an extensive library, searchable on-line, with more than 1.3 million print and electronic items in its collection.

Trend in life cycle management: nuclear energy is reaching 60 years

Nuclear energy, still young compared to many other means of energy production, is however reaching the milestone of 60 years. The time has come for the pioneering facilities, which often carry a strong heritage value, to retire. Looking at nuclear power plants, out of 448 in operation as of October 2017¹ more than 50% are already more than 30 years old. With a usual lifetime spanning from 40 to 60 years, it means that a significant number will be shut down and decommissioned in the coming two decades. It adds to the already 164 nuclear power plants already shut down. This is certainly not the end of nuclear power: there are at the same time 57 new nuclear power plants under construction, either replacement or new capacities in countries which have decided to include nuclear power in their energy mix. And there is a renewed interest in developing new technologies such as small and modular reactors (SMR) or so-called Generation 4 reactors.

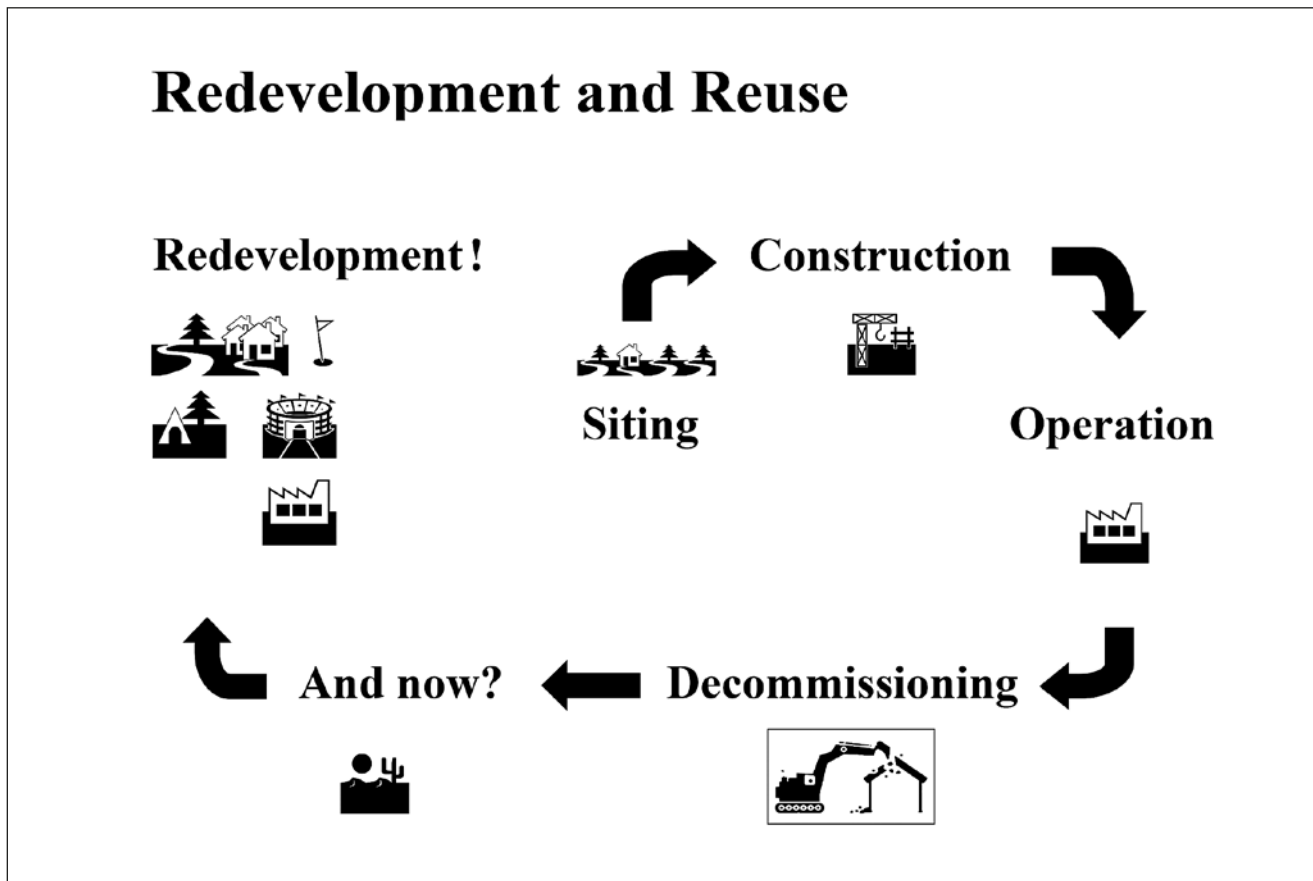


Fig. 1: Growing needs of decommissioning.

Conversely, nuclear is entering a new phase of its life cycle: dismantling and decommissioning.

Nuclear power reactors are not the only nuclear facilities. Research reactors are smaller facilities, many of them having contributed to the early development of nuclear energy in the 50s and 60s, many of them being in use for education, training, basic research needs and nuclear applications such as isotope production used in hospitals for diagnosis or for cancer treatment. There are currently 225 research reactors in operation worldwide² and nine under construction; conversely around 200 are currently not operating, around 50 of them being already in the stage of decommissioning; and slightly more than 300 have been already decommissioned. Nuclear fuel cycle facilities include plants for processing uranium, fabricating fuel or recycling spent nuclear fuel. Many have also contributed to the pioneering of nuclear energy. There are currently around 330 nuclear fuel cycle facilities in operation, while close to 130 have been already fully decommissioned and around 170 are shut-down. Research reactors and fuel cycle facilities can be stand-alone but are often part of a nuclear research centre or of a large fuel cycle facility site.

It is therefore clear from these facts that there will be a significant increase of nuclear facilities, especially of pioneer facilities of preservation interest, which will reach the end of their operational life and will have to be decommis-

sioned and dismantled. The recommended policy, and the policy indeed applied in most countries, is to start decommissioning as soon as reasonably possible so that the burden of end of life is not unduly passed to future generations. In this respect, the question of preservation of heritage is timely, as well as the question of the future of sites or land which have hosted nuclear facilities.

Towards a potential reuse: the main steps of the decommissioning process

The life cycle of any facility starts at the time of defining its need and purpose, preparing a feasibility study, and taking a decision to build. From then on, the next steps are siting, and design of the facility. From that point onwards, a nuclear safety regulator will be involved. The mission of the regulator is to protect people and the environment from the harmful effects of radiation, and this mission will be maintained over the whole life of a facility and over all related activities. A nuclear facility will be licensed. At the end of the life of a facility, the decommissioning work aims at “de-licensing” or as more precisely defined in the IAEA Safety Glossary,³ decommissioning the administrative and technical actions taken to allow the removal of some or all of the regulatory controls from a facility. In addition, the waste arising from

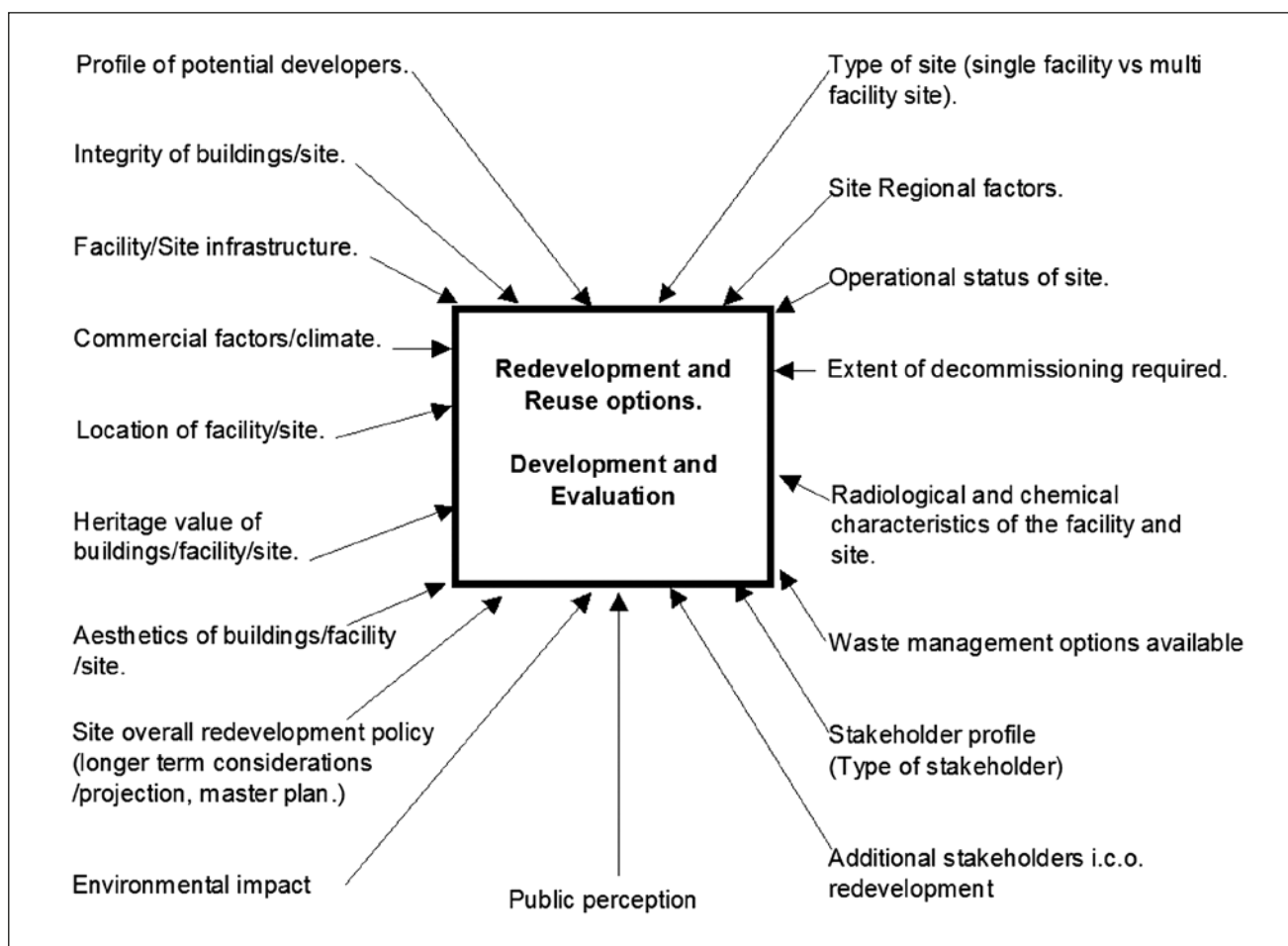


Fig. 2: Redevelopment and reuse.

the dismantling or cleaning of a facility or a site, when they remain radioactive or are contaminated, must be managed according to nuclear safety regulations; clearance can be given for equipment which has been checked and confirmed to be non-radioactive and non-contaminated. Otherwise its storage, reuse when possible and disposal must be approved by the nuclear safety authority of the country.

The decommissioning process starts with planning when the facility is still in operation, and should be anticipated in so far as possible from the time of design (it was certainly not the case for the pioneer and first generation facilities which have to be decommissioned today). There is a transition phase between operation, shut-down and start of dismantling. The strategies for decommissioning that have been adopted or are being considered by Member States include immediate dismantling and deferred dismantling. A combination of these two strategies may be considered practicable depending on safety requirements, environmental requirements, technical considerations and specific conditions, such as the intended future use of the site. The decommissioning plan must be approved by the nuclear safety authority.

The first steps of the work will be the physical and radiological characterization of the site or the facility. This may have to be performed up to each room. This key step will

allow determining the level of remaining radioactivity, and defining whether decontamination, total or partial, should be implemented. When there is an intention to reuse the whole or part of the building, this will be critical to assess the feasibility of such reuse.

Next will be the physical dismantling of the equipment and, in most cases, of the buildings. This may include decontamination. The waste generated has to be sorted, possibly treated and conditioned, and be ready for disposal. Some of the buildings on the site can be re-purposed for housing waste or effluent treatment systems, for measurement for sorting or clearance purpose, or for interim storage of waste. Having a defined route for final disposal of waste at the time of dismantling is best. The final disposal site is, in nearly every case, in a different location than the nuclear facility, allowing for a reuse or redevelopment of the land or the buildings.

Another step, which does not need to be the final one, is to assess possible soil and groundwater contamination. When such a situation occurs, a strategy must be designed to assess the impact, the possible remediation plans and decide on a target end state. The decontamination target related to this end state for soil remediation will also take into account the expected reuse of the land when such an option is technically possible (most of the time, it is) and considered.

Survey of the site or the buildings must of course be performed upon completion of the work and demonstrate measurements compliant with the target. This is one of the conditions to allow the nuclear safety authority to release the site for unrestricted or restricted use. Further monitoring may be required.

In case of an uranium mine, the overall approach would be similar: plan, characterize, implement remediation work as necessary, and survey. And possible further monitoring.

Criteria to define a reuse or a redevelopment plan

Redevelopment or reuse of sites or buildings is the next logical step in the life cycle of a site or a facility. And having plans for redevelopment or reuse before starting work will help defining target end state, and is useful to set the right technical decommissioning or remediation approach.

The International Atomic Energy Agency has collected experience gained in its Member States on this specific topic of redevelopment or reuse of nuclear facilities and has published two reports, one in 2006⁴ and one in 2011⁵, also available for free download through the Agency's website. The networks of practitioners (International Decommissioning Network – IDN and Environmental Management and Remediation Network – Environet) as well as the wiki being developed provide further opportunities to share experience.

In practice, most of nuclear sites and former uranium mines can be redeployed.

The typical redeployment and reuse options are as follows:

- Release for unrestricted use and redeployment. This would be the reference strategy in many cases, allowing completely new projects to be developed, from real estate (for example for sites close to or having become part of urban centers) to natural park (for example for former uranium mining sites). When relating to building, it could also provide opportunities to create museums.
- Release as “brown field” for other industrial use. Such other industrial use could be for example a different non-nuclear energy project, or a research center on a non-nuclear topic.
- Reuse for another new nuclear project. This could be the case to build a new reactor replacing the one being shut down. It happens also for instance in large nuclear research centers or fuel cycle sites where some old laboratories or processing units are dismantled and then replaced by other new facilities.
- Reuse some buildings for other purpose on the site. It could be for instance housing waste treatment facilities on a nuclear site. It could also be a repurposing of a facility for interim storage of low level radioactive waste on a site which major activity remains or not focused on nuclear (the facility itself will in any case be subject to nuclear safety authority licensing).

Several factors will ultimately guide the decision on a reuse or redevelopment approach. And good practice is that any decision should be taken after consultation with the stakeholders, including the site's neighbours and the local authorities. A good quality relationship with them during the operation phase will help to have a good level of engagement when addressing this final leg of the life cycle of the site and, hopefully, to come to a consensual agreement on what do to next. Figure 1⁶ gives an image of some of the key factors to be considered.

A strategy for reuse or redevelopment will be taken based on several factors, ranging from expectations of a replacement economic activity to technical feasibility of different options, and taking into consideration nuclear safety, environmental regulation aspects and the stakeholder's perspective.

Some examples of criteria to define a strategy are given below:

- Value of the land. This could be an important consideration for sites which are located close to urban centres. In this type of environment, especially when the demography has transformed a relatively isolated place to a residential area, there may be a double pressure of neighbours no longer comfortable to live close to an industrial site and attractiveness of the land to real estate development. Conversely, when nuclear facilities or uranium mines are located in scenic locations, there may be value to return the land to a natural environment.
- Taking advantage of existing infrastructure. This could range from access to the electricity grid at site level, making it easier for instance to redevelop another electricity power plant (whether nuclear or not) to benefit, at a building or facility level, of a site having already a nuclear license, making easier to reuse the building or redevelop another facility on the same site. It could also include the availability of a skilled workforce, or of a web of supporting environment such as supply chain, laboratories, training centres, etc.
- Socio-economic consideration. The closure of a nuclear facility or a mining operation may have a significant impact on the local economy. The local authorities and the local stakeholders may expect a plan to redevelop the economy. Such plan can make good use of a redevelopment of the site for other purposes, whether industrial or more service and tourism oriented depending on the situation.
- Financial considerations. This consideration is not completely independent from the other criteria. Any reuse or redevelopment plan must be grounded in sound economics to be sustainable. It means a sound business plan, and the availability of sufficient funds for investment.
- Safety and environmental aspects. These considerations can be an asset (related to availability of existing infrastructure for instance) or a liability (such as expanding urban centres or higher level of regulation).

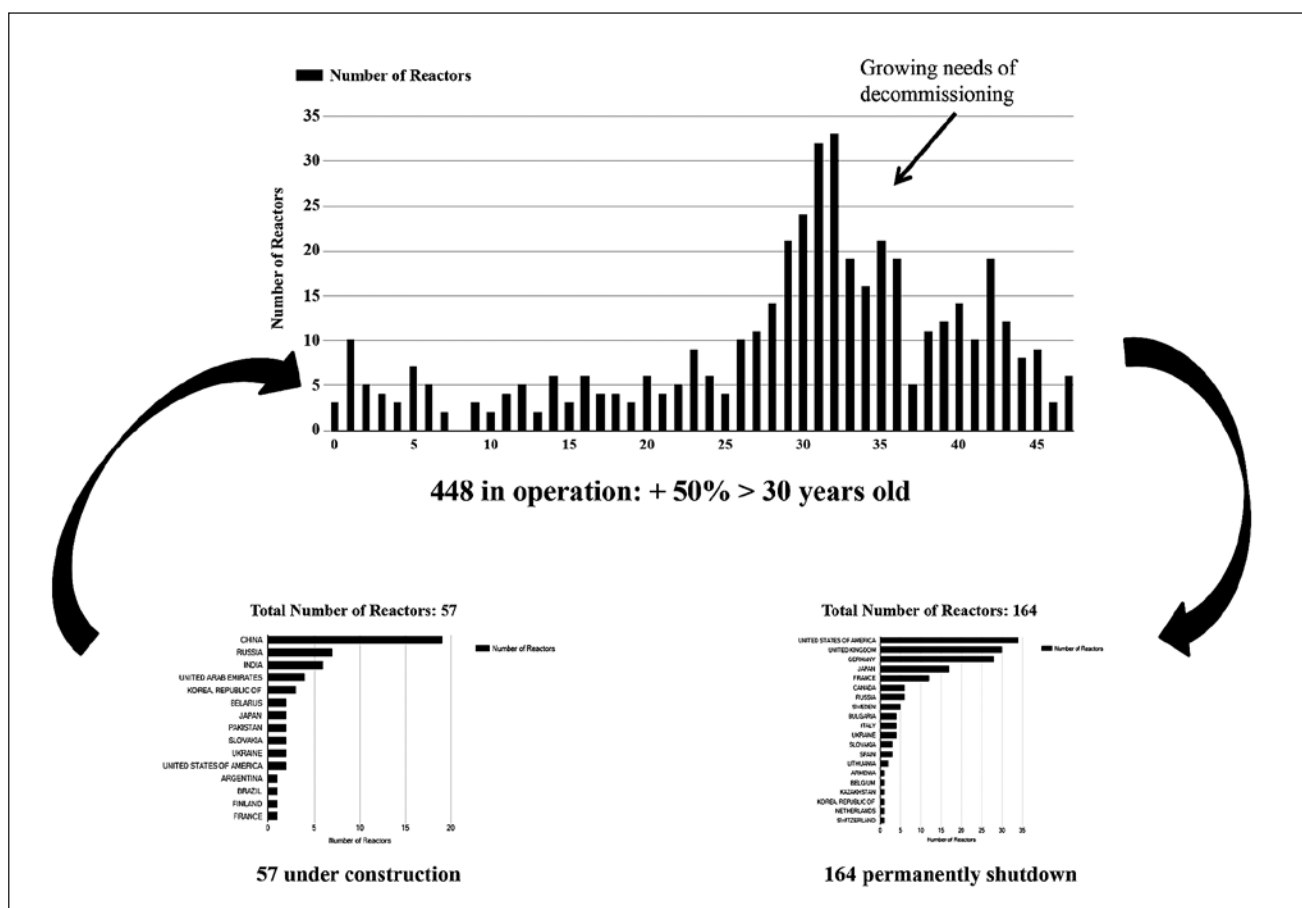


Fig. 3: Redevelopment and reuse options. Development and evaluation.

– Technical feasibility. This is also related to financial aspects. The resources and efforts of returning a site or a facility to a pristine unrestricted “green field” will vary depending on the type of facility and its history.

In some cases, the historical value and considerations of heritage preservation will also be criteria. But, as mentioned above, this must be balanced with safety and regulatory aspects (eg chimneys are architectural landmarks but are not favoured by safety regulations, even in countries with lower risk of earthquakes) or financial aspects (maintenance cost of a site even when the facility is no longer a nuclear licensed site). So having these criteria to prevail is challenging.

Some example of reuse or redevelopment

There are many examples of reuse at buildings at a nuclear site or redevelopment within a nuclear site for further nuclear related use. On the latter aspect, it is the usual life of large centres to have facilities set-up, used, dismantled and replaced and examples could be found in many nuclear pioneering countries. On the former aspect, there are several occurrences of converting a former nuclear building into a radioactive low-level waste interim storage such as the

Seibersdorf former research reactor in Austria. Another example is reusing the turbine hall of a nuclear power plant to house a decontamination facility such as in the A1 nuclear power plant in Slovakia.

There are also many examples of redevelopment of former nuclear sites for other scientific or industrial purposes. In the city of Grenoble in France, located between a river and mountains and where land is a scarce asset, the initial nuclear research centre has been fully dismantled and has been replaced by a research centre devoted to new technologies (IT related and renewable energies related). In Germany the Greifswald nuclear power plant site provides a good example of a redevelopment strategy taking advantage of existing infrastructure and willing to provide socio-economic continuity. There are plans for a new fossil energy project and manufacturing of components for maritime cranes and wind mill (not fully implemented at the time of writing this paper).

Now, there are also many cases where the return to green-field with no or little industrial redevelopment was sought. This is often the case with former uranium sites, examples ranging from return to forestry use in Germany or pastoral use in the USA. But it also happens with nuclear power plants located in isolated places, such as Yankee Row in the USA: all land has been released for unrestricted use except a small part where spent fuel is stored pending a final disposal site.

Keeping the memory alive

Despite the challenges of heritage and preservation, there are fortunately some examples where this has been achieved. The above-mentioned example of Austria allowed to keep the landmark structure of the building. In other instances, nuclear facilities have been turned into museums, such as the Hanford's historic B reactor in USA or the FZK Forschungsreaktor 2 in Germany. France provides another interesting example: a former reactor has been dismantled and decontaminated and then converted into an on-site hall devoted to dismantling technologies, which can also be open to public.

In most cases, it was not possible to keep the buildings, and certainly not possible to recover used major equipment as they are contaminated or radioactive activated. But there are still some options to preserve memory, as there are parts of a nuclear facility that are critical for its operation but which were not in direct contact with radioactivity. The best examples are historical control rooms, which have been preserved and are now shown in memorial or exhibition halls.

Finally, knowing the history of a nuclear facility, especially those pioneer facilities where many first of a kind scientific or technological work was conducted, is useful to plan its decommissioning. Knowledge management and knowledge preservation methodologies are being developed in this respect in many countries. The records gathered are not currently used for heritage preservation, and there is no current plan to keep them beyond the completion of the decommissioning. However, it could be a resource worth looking at by the heritage preservation community.

In 2050, will nuclear be a “has been” or a “hero”?

There are several views on nuclear energy. Some countries are willing to phase out a means of producing electricity that they perceive as dangerous, while others are adding nuclear power plants at a fast pace in their energy mix. Taking a mid to long term view, the new global frontier is to address the challenges of global warming, widely recognized as being linked to carbon emission. The environmental priority is shifting in many countries towards the de-carbonization of our economies and of our energy mix. The Paris Agreement gives a strong impetus in this direction.

It is a fact that nuclear energy is one of the available options to produce electricity with virtually no carbon emission. It could be therefore a significant asset to contribute to the de-carbonisation of our energy mix. In this context, if further expansion of nuclear power is not a given as of today, it cannot either be ruled out. In such a case, its heritage value would increase.

Nuclear industrial sites do not figure currently in the World Heritage List, but nuclear is still a young industry. And if nuclear energy becomes a “hero technology” for its contribution to addressing climate change, some nuclear facilities may one day be considered to be added to the List.

Zusammenfassung

Rückbau und Nachnutzung von Kernkraftwerken und ihren Anlagen

Mit der zunehmenden Zahl von Kernkraftwerken, die den Ruhestand erreichen, kommt der Frage, wie diese saniert und nachgenutzt werden, große Bedeutung zu. Gleiches gilt für die Frage des Erhalts des damit verbundenen Kulturerbes. Die Antwort auf die Fragen ist eine Mischung aus technischer und rechtlicher Realisierbarkeit, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten und den Erwartungen lokaler Interessenvertreter.

Wenn nukleare Anlagen, ihre Einrichtungen und die Ausstattung am Ende ihrer Laufzeit vollständig zur „grünen Wiese“ zurückgebaut werden und dadurch den Status uneingeschränkter Wiedernutzbarkeit erhalten (indem sie z. B. nicht mehr der atomrechtlichen Aufsicht unterliegen), haben viele ein zweites Leben. An einem Ende des Spektrums steht das Szenario der „Grünen Wiese“ mit der vollständigen Auswahl an Möglichkeiten für eine neue Nutzung. Am anderen Ende stehen Kernkraftwerke mit geänderter Funktion – z. B. von Produktion bis zu Abfallbearbeitung. In der Mitte dieses Spektrums gibt es zahlreiche Beispiele von Gebäuden und Anlagen, die aus der nukleartechnischen Nutzung in eine andere Form der industriellen Nutzung überführt worden sind (so z. B. Greifswald in Deutschland), oder die von der Atomforschung zu einer anderen Forschung übergegangen sind (wie es erfolgreich in Fontenay aux Roses in Frankreich der Fall ist). In einigen Fällen wurde die Architektur als Wahrzeichen beibehalten, in anderen Fällen wurde nicht-kontaminierte Ausstattung wie Kontrollräume erhalten; diese Fälle sind jedoch eher die Ausnahme als die Regel.

Die Publikation der IAEA zur „Rückbau und Nachnutzung von Kernkraftwerken und ihrer Anlagen. Fallstudien und gewonnene Erkenntnisse“ stellt nützliche Hinweise zur Verfügung, was, basierend auf der Strategie und den notwendigen technischen Schritten, innerhalb der stillgelegten Anlagen getan werden kann. Zusätzliche weitergehende Werke zu diesem Thema sind in Arbeit.

¹ Source: PRIS database – available through IAEA's website.

² Source: Research Reactor Data Base – available through IAEA's website.

³ IAEA Safety Glossary, 2007 Edition, Vienna (2007).

⁴ IAEA Technical Report Series no. 444, redevelopment of Nuclear Facilities after Decommissioning.

⁵ IAEA Nuclear Energy Series NW-T-2.2, Redevelopment and Reuse of Nuclear Facilities and Sites: Case Histories and Lessons Learned.

⁶ IAEA Nuclear Energy Series NW-T-2.2, page 74.



Curricula Vitae

Michael Maria Bastgen, MSc. MSc. Master Bauingenieurwesen RWTH Aachen. Master TU Berlin. Finck Billen Ingenieure mit Projekt Instandsetzung Dachstuhl Kölner Dom. Seit 2017 Doktorand im DFG-Graduiertenkolleg „Kulturelle und technische Werte historischer Bauten“ der BTU Cottbus. michael.bastgen@gmail.com

Ralf Borchardt, Dipl.-Ing. für Kraftwerkstechnik, ist Leiter der Organisationseinheit Projektmanagement des Bundes-Unternehmens EWN Entsorgungswerk für Nuklearanlagen (ehemals Energiewerke Nord) und verantwortlich für alle EWN-Projekte in und außerhalb der KKW-Standorte Greifswald und Rheinsberg. ralf.borchardt@ewn-gmbh.de

Prof. Dr. Sigrid Brandt, Studium der Musikwissenschaft und Kunstgeschichte an der HU Berlin, Promotion zur Geschichte der Denkmalpflege. 2005–2008 wiss. Mitarbeiterin TU Dresden, seit 2008 Universität Salzburg, Habilitation 2013; Vizepräsidentin von ICOMOS Deutschland. sigrid.brandt@freenet.de

Wayne D. Cocroft, FSA, is an archaeologist and currently manages Historic England's Historic Places Investigation Team East based in Cambridge. For over 25 years he has specialised in the investigation of modern military sites, including munitions works and Cold War research and development establishments. Wayne.Cocroft@HistoricEngland.org.uk

Andrew Croft, BA MA MCIfA, has over 20 years heritage consultancy and conservation experience and was the lead consultant for the Dounreay Heritage Strategy in 2008–10. He is now a director at Chris Blandford Associates and was formerly the Technical Director for Heritage at Atkins Ltd. ACroft@cbastudios.com

Dr. Thorsten Dame, Studium der Architektur, Historischen Bauforschung und Denkmalpflege, Dissertation im Transatlantischen Graduiertenkolleg Berlin – New York. Dozent an der Technischen Universität Berlin für Industriedenkmalpflege und Städtebauliche Denkmalpflege. t.dame@campus.tu-berlin.de

Dominik Geppert, MSc., Bachelorstudium Fahrzeugtechnik (HTW Berlin); duales Bachelorstudium BWL, Schwerpunkt Immobilienwirtschaft (HWR Berlin); Kontrollertätigkeit; Masterstudium Denkmalpflege (TU Berlin); Masterarbeit zum Denkmalwert von Kernkraftwerken; Freiberufliche und selbstständige Tätigkeit. Dominik_Geppert@web.de

Prof. Dr. Jörg Haspel ist Präsident von ICOMOS Deutschland und war bis Oktober 2018 Landeskonservator von Berlin und Direktor des Landesdenkmalamtes Berlin. Neben einer Professur an der Technischen Universität engagiert sich Jörg Haspel in zahlreichen Institutionen und Gremien, 2012 übernahm er die Präsidentschaft von ICOMOS Deutschland. president@icomos.de

Prof. Joseph Hoppe ist stellvertretender Direktor der Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin. Seit 2011 in Kooperation mit der Hochschule für Technik und Wirtschaft Aufbau des Berliner Zentrum Industriekultur. Co-Geschäftsführer der stiftungseigenen T & M GmbH für Museumsservice. hoppe@sdtb.de

Dr. Gunnar Klack, Studium Architektur an der UdK Berlin, Promotion an der TU Berlin. Wissenschaftliches Volontariat bei der Berlinischen Galerie 2013–2015; wissenschaftliche Mitarbeit am Institut für Stadt- und Regionalplanung der TU Berlin 2016–2017 sowie am Historisch-Technischen Museum Peenemünde 2018–2019. gunnar.klack@gmail.com

Bernhard Ludewig, Dipl.-Biochem. MSc., Studium der Biochemie und Wissenschaftskommunikation, ist seit 2006 als Fotograf tätig. Sein besonderes Interesse gilt der Portraituren technischer Utopien. Arbeiten u. a. über Moskauer Metro, Atomkraftwerke und Kernfusion. Ludewig lebt in Berlin. info@bernhard-ludewig.de

Prof. Dr. Thekla Schulz-Brize ist seit 2015 Leiterin des Fachgebietes Historische Bauforschung und Baudenkmalpflege und des Masterstudiengangs Denkmalpflege an der Technischen Universität Berlin. Zuvor war sie Professorin

für Architekturgeschichte, Denkmalpflege und Historische Bauforschung an der TH Regensburg. thekla.schulz-brize@tu-berlin.de

Magdalena Tafvelin Heldner has 20 years of experience as a curator with a focus on exhibitions and industrial heritage. Her interests include the technological and cultural history up to present days, including field research and interpretation. She was educated at Umeå University and KTH and is currently employed at National Museum of Science and Technology in Stockholm. magdalena.tafvelin.heldner@tekniskamuseet.se

Norbert Tempel, Dipl.-Ing., Referatsleiter Technik und Restaurierung am LWL-Industriemuseum Dortmund. Mitbegründer und Mitherausgeber der Zeitschrift *IndustrieKultur*, Sprecher der deutschen Sektion von TICCIH (The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage) und German National Representative bei TICCIH international. Norbert.Tempel@gmx.de

Prof. Dr. Frank Uekötter, Historiker und Autor zahlreicher Veröffentlichungen zu technik- und umwelthistorischen Themen. Studium der Geschichte, Sozialwissenschaften und Politikwissenschaften. Mitbegründer des Rachel Carson

Centers in München. Lehrt seit 2013 geisteswissenschaftliche Umweltforschung an der Universität Birmingham. F.Uekoetter@bham.ac.uk

Prof. Dr. Kerstin Wittmann-Englert ist Professorin für Architekturgeschichte an der TU Berlin. Sie ist seit 2014 Mitglied der Expertengruppe des Internationalen wissenschaftlichen Komitees zum Erbe des 20. Jh. (ICOMOS ISC20). Seit 2016 Mitglied des Wissenschaftlichen Beirates der Wüstenrot Stiftung. kerstin.wittmann-englert@tu-berlin.de

Christophe Xerri, MSc, MBA, International Atomic Energy Agency, Director Fuel Cycle and Waste Management. He has 25 years of experience in nuclear fuel cycle and waste management. Before his appointment to the IAEA, he served from 2011 to 2015 as Counsellor for Nuclear Affairs to the French Embassy in Japan and in Mongolia. C.Xerri@iaea.org

Mag. Stefan Zach, MAS, 1986 bis 1991 Diplomstudium der Geschichte und Post-Graduate-Programm für Öffentlichkeitsarbeit Universität Wien. Seit November 1991 Pressesprecher der Energieversorgung Niederösterreich (EVN), seit 2004 Leiter der Unternehmenskommunikation. Stefan.Zach@evn.at

Abbildungsnachweise

Editorial

Bernhard Ludewig

Grußwort

Bernhard Ludewig

Strahlende Zukunft.

Kernkraftwerke als Erbe und Herausforderung

Abb. 1–4: Bernhard Ludewig

Der nukleare Traum. Eine fotografische Dokumentation

Abb. 1 und 2: Bernhard Ludewig

Halbwertszeiten. Das friedliche Atom als Mikrokosmos der bundesdeutschen Geschichte

Abb. 1–3: Bernhard Ludewig

Das Denkmal als Mahnmal?

Bernhard Ludewig

Kernkraftwerke. Bauaufgabe, Bautypen, Geschichte

Abb. 1: Aus: LAUFS, Reaktorsicherheit für Leistungskernkraftwerke, 2013, S. 14.

Abb. 2: Deutsches Museum München. Foto: Tiia Monto, URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nuclear_power_station_model.jpg, Creative-Commons-Lizenz (CC BY-SA 4.0).

Abb. 3: Foto: Ed Westcott, Department of Energy Archives, URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Exterior_of_the_Graphite_Reactor_at_the_X-10_site_in_Oak_Ridge_in_1950.jpg, gemeinfrei.

Abb. 4: Foto: U.S. Department of Energy, URL: <https://www.flickr.com/photos/departmentofenergy/10579209943/>, licensed under the terms of the United States Government Work, URL: <https://www.usa.gov/government-works/>.

Abb. 5: Foto: Internationale Atomenergie-Organisation (IAEA), IAEA Imagebank URL: https://www.flickr.com/photos/iaea_imagebank/8383320538/, Creative-Commons-Lizenz (CC BY-SA 2.0).

Abb. 6: Foto: Vuxi, URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Forschungsreaktor_M%C3%BCnchen_3.jpg, Creative-Commons-Lizenz (CC BY-SA 3.0).

Abb. 7: Foto: U.S. Department of Energy, URL: <https://www.flickr.com/photos/departmentofenergy/11823864155/>, licensed under the terms of the United States Government Work, URL: <https://www.usa.gov/government-works/>.

Abb. 8: Foto: Don Sleeter, URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vallecitos_Nuclear_Center.jpg, Creative-Commons-Lizenz (CC BY 3.0).

Abb. 9: Foto: U. S. Nuclear Regulatory Commission URL: <https://www.flickr.com/photos/nrcgov/17674247480/>, Creative-Commons-Lizenz (CC BY 2.0).

Abb. 10: Foto: E.ON Kernkraft GmbH, URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gel%C3%A4nde_des_Kernkraftwerk_Isar_\(KKI\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gel%C3%A4nde_des_Kernkraftwerk_Isar_(KKI).jpg), Wikimedia-Commons-OTRS-Lizenz.

Abb. 11: Foto: Harald909, Creative-Commons-Lizenz (CC BY-SA 3.0). URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lubmin_Hafen.jpg.

Abb. 12: Foto: Henri Baranger © Électricité de France, aus: Bastgen, Michael Maria und Geppert, Dominik: Zum Denkmalwert von Kernkraftwerken. In: Schulz-Brize, Thekla, Gaisberg, Elgin und Gussone, Martin (Hrsg.): Bauforschung und Denkmalpflege 1.2017 – Jahrbuch des Fachgebietes Historische Bauforschung und Baudenkmalpflege Technische Universität Berlin. Berlin, Universitätsverlag der TU 2017, S. 84–87, hier S. 84.

Abb. 13: Mia Grau und Andree Weissert: Atomteller, hier Kernkraftwerk Philippsburg. URL: <http://www.atomteller.de>.

Stilllegung und Rückbau von Kernkraftwerken in Deutschland

Abb. 1 bis 10: EWN, Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH

Unbequem oder unhaltbar? Kernkraftwerke und Denkmalschutz
Bernhard Ludewig

Unbequeme Altlasten. Zum Denkmalwert von Kernkraftwerken

Abb. 1: © Walter Rademacher/Wikipedia (CC-BY-SA 3.0), verändert

Abb. 2: C. Löser, WikimediaCommons (CC BY-SA 3.0)

Abb. 3: FRM II/TU München

Abb. 4: Chrischerf, WikimediaCommons (CC BY-SA 3.0), zugeschnitten

Abb. 5: Hubert Hoffmann

Abb. 6: EnBW Kernkraft GmbH

Abb. 7: Quartl, WikimediaCommons (CC BY-SA 3.0)

Abb. 8: © Campact e.V.

Abb. 9: Gemeinfrei (CC0 1.0)

Abb. 10: © Johannes Hartmann

Abb. 11: © Pay Numrich

Abb. 12: Michael Gäbler, WikimediaCommons (CC BY-SA 3.0)

Die Route der Industriekultur als Chance zur Bewahrung

Abb. 1: Dominik Geppert

Tab. 1: Dominik Geppert; basierend auf der Homepage des Bundesamts für kerntechnische Entsorgungssicherheit,

http://www.bfe.bund.de/DE/kt/cta-deutschland/cta-deutschland_node.html; Zugriff am 20.01.2018

Abb. 2: Geomartin, Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wismut_karte.jpg

Abb. 3: www.Ballon-sz.de, Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Germany, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schacht_Konrad.jpg

Abb. 4: Dominik Geppert

Abb. 5: Dominik Geppert

Abb. 6: LepoRello, Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Haigerloch_Atomkeller-Museum_Versuchsreaktor_2013-08-18.jpg

Abb. 7: High Contrast, Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Germany, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atomei_-_Forschungsreaktor_M%C3%BCnchen_I_\(FRM_I\).JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atomei_-_Forschungsreaktor_M%C3%BCnchen_I_(FRM_I).JPG)

Abb. 8: Wikida, Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Germany, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anti-WAA-Wackersdorf-Franziskus-Marterl.jpg>

Abb. 9: Dominik Geppert

England's Atomic Age – Securing its Architectural and Technological Legacy

Fig. 1: Historic England DP060631

Fig. 2: Historic England DP035925

Fig. 3: Historic England DP070004

Fig. 4: Historic England G5158-1

Fig. 5: Historic England

Fig. 6–8 and 10: Wayne D. Cocroft

Fig. 9: Historic England AC650529

Erste Schritte und die Notwendigkeit des internationalen Austauschs
Bernhard Ludewig

Toward a Post-industrial Era – Lessons Learned from Evaluating Ågesta Nuclear Plant

Fig. 1: Nisse Cronstrand, Tekniska museet

Fig. 2 and 12–13: Felix Gerlach

Fig. 3–5: Tekniska museet archive

Fig. 6: Tekniska museet's collections

Fig. 7: Truls Nord, Tekniska museet

Fig. 8 and 9: Nisse Cronstrand, Tekniska museet

Fig. 10: OKG

Fig. 11: Hans Blomberg, Vattenfall

Dounreay Heritage Strategy: White Heat of Heritage

Fig. 1: DSRL

Fig. 2: Paul Wordingham

Fig. 3: DSRL/NDA

Fig. 4: DSRL

Fig. 5: DSRL

Kernkraftwerk Zwentendorf. Die sanfte Vermarktung eines ungewöhnlichen Ortes. Ein österreichischer Sonderweg

Abb. 1–5 und 9: evn archiv

Abb. 6: Raimo Rudi Rumpler

Abb. 7: Gabriele Moser

Abb. 8: GeoPic Österreich

Abb. 10: Revolution Event GmbH

Abb. 11: Paul Plutsch

Abb. 12: Sebastian Wahlhütter

Abb. 13: Walter Knoll

Redevelopment and Reuse of Nuclear Facilities and Sites

Fig. 1: Christophe Xerri/IAEA

Fig. 2: IAEA/IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-2.2

Redevelopment and Reuse of Nuclear Facilities and Sites: Case Histories and Lessons Learned/<https://www-pub.iaea.org/books/iaeaabooks/8305/Redevelopment-and-Reuse-of-Nuclear-Facilities-and-Sites-Case-Histories-and-Lessons-Learned>

Fig. 3: Christophe Xerri/IAEA

Curricula Vitae

Bernhard Ludewig

