

The repository commission: a historic chance to solve an ongoing conflict

Germany's Commission on the Disposal of High-level Radioactive Waste, which was set up in compliance with the country's Repository Site Selection Act, has been tasked with drawing up criteria for a site selection process and evaluating the act by mid-2016. Lessons can be learned from the failed Asse and Gorleben repository projects, and the selection process should take these into account. Transparency and widespread public participation are

crucial to reaching a broad consensus on the issue of permanent disposal. The commission must also produce a plan for avoiding and correcting errors during the selection process. Key elements of a selection process already exist or can be adapted to reflect the current state of the art with relatively little effort. Working from this basis, it should be possible to achieve a result that can end the ongoing conflict surrounding permanent disposal.

Die Endlagerkommission als historische Chance zur Lösung eines Dauerkonfliktes

Die nach dem Standortauswahlgesetz gebildete Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe hat den Auftrag, bis Mitte 2016 Kriterien für ein Standortauswahlverfahren zu erarbeiten und das Gesetz zu evaluieren. Aus den gescheiterten Endlagerprojekten Asse und Gorleben können Lehren gezogen werden, die bei dem Verfahren berücksichtigt werden sollen. Um einen breiten Konsens in der Endlagerfrage zu erzielen, sind Transparenz und eine weitreichende Öffentlichkeitsbeteiligung unerlässlich. Es

muss zudem ein Konzept für die Vermeidung und Korrektur von Fehlern im Verfahren entwickelt werden. Wesentliche Elemente eines Auswahlverfahrens liegen jedoch bereits vor oder sind mit geringem Aufwand auf den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik zu bringen. Auf dieser Grundlage sollte ein Ergebnis zu erzielen sein, das eine Lösung des Dauerkonflikts Endlagerung möglich macht.

1 Introduction

The 32 members of Germany's Commission on the Permanent Disposal of High-level Radioactive Waste (Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe) have been working on the criteria for a site selection process since May 2014. The commission is chaired by Ursula Heinen-Esser and Michael Müller, both of whom served as state secretaries in the German Federal Environment Ministry (BMU). Its members come from academia, social groups (churches, trade unions, environmental organisations, energy companies), the Bundestag and the Bundesrat – with each fielding eight representatives. With the passing of the Repository Site Selection Act (Standortauswahlgesetz) in summer 2013, almost every parliamentary group in the Bundestag – with the exception of the Left Party – and every German state agreed to the formation of this commission in order to put an end to the decades of conflict surrounding the question of permanent disposal. In addition to deciding the criteria for the process and stipulating the form that public participation will take, the commission will also evaluate the act itself.

1 Einleitung

Seit Mai 2014 arbeitet die 32-köpfige Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe an den Kriterien für ein Standortauswahlverfahren. Unter Vorsitz der ehemaligen Staatssekretäre im Bundesumweltministerium (BMU) Ursula Heinen-Esser und Michael Müller arbeiten je acht Vertreter der Wissenschaften, der gesellschaftlichen Gruppen (Kirchen, Gewerkschaften, Umweltverbände, Energieunternehmen), des Bundestages und des Bundesrates zusammen. Fast alle Fraktionen des Bundestages – mit Ausnahme der Linken – und alle Bundesländer hatten im Sommer 2013 mit dem Standortauswahlgesetz (StandAG) diese Kommission beschlossen, um den jahrzehntelangen Konflikt bei der Frage der Endlagerung zu beenden. Die Kommission soll nicht nur die Kriterien und die Form der Öffentlichkeitsbeteiligung des Verfahrens festlegen, sondern auch eine Evaluation des StandAG vornehmen.

Ein solches Gremium betritt zwangsläufig Neuland, da erstmals der Gesetzgeber die Überprüfung und letzte Gestaltung eines Gesetzes in die Hände eines aus unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppen besetzten Gremiums gibt. Daher überrascht es nicht, dass

In doing so, the commission will be entering uncharted territory, as this is the first time that legislators have put the responsibility for reviewing and finalising a law into the hands of a committee made up of different social groups. It is therefore unsurprising that high expectations and at times diverging demands meant the work got off to a bumpy start. Environmental organisations initially declined to be involved, saying that their participation would be just for show and that Gorleben was a foregone conclusion. Energy supply companies added fuel to the fire by filing several claims against nuclear phase-out and the site selection act. For the commission to succeed, however, it is crucial that the nuclear phase-out is not called into question again.

Despite this challenging situation, the commission has now found a structure for its work – one that sets new standards for transparency in particular. All documents and transcripts of the meetings are publicly available, and the commission's meetings can be live streamed. In addition, the meetings of the three working groups (public participation, evaluation, and criteria & error corrections) are public. This transparency is necessary to build confidence in the unbiased nature of the process. Though often taxing, this type of approach is the only way to end the decades-long conflict surrounding the issue of permanent disposal.

2 Lessons from the long-running dispute over Gorleben

For nearly four decades, Gorleben symbolised the conflict surrounding the permanent disposal of high-level radioactive waste. The choice for the Gorleben site was rushed through in 1976 because of an amendment to Germany's Atomic Energy Act that made power plant licenses contingent on proof of safe disposal. In particular, the protests that followed the issuing in October 1976 of the first partial construction permit for Brokdorf nuclear power plant made it clear to the German government at the time that "the further expansion of nuclear energy use – and possibly even the long-term, ongoing operation of existing reactors – [is] in doubt" (1).

At ministerial talks between the federal government and the state government of Lower Saxony on 11 November 1976, Walter Leisler-Kiep, then economics minister of Lower Saxony, proposed Gorleben unexpectedly – as if he had "pulled it out of a hat" (2). This was despite the fact that Hanover-based company Kernbrennstoff-Wiederaufarbeitungs GmbH (KEWA) had previously inspected sites for a nuclear waste facility and had never put Gorleben on the shortlist. No report indicating that Gorleben had been chosen on the basis of geological criteria was found among the many documents of the Gorleben parliamentary committee of inquiry (3). Speaking in an interview on German television programme *Frontal21* shortly before his death, Prof. Gerd Lüttig (former vice-president of the Lower Saxony state office and involved in the KEWA investigations) said that when he accused state premier Ernst Albrecht of having made a politically motivated commitment, Albrecht answered: "It doesn't matter. It's a political decision now," and "you geologists will get your turn." (4)

Exploration work at the Gorleben salt dome continued under great political pressure in the years that followed. Renowned quaternary geologist Prof. Klaus Duphorn was involved in the

der Start auf Grund der hohen Erwartungshaltung und der teils divergierenden Ansprüche holprig verlief. Umweltverbände lehnten zunächst eine Teilnahme mit der Begründung ab, dass es sich um Mitmachtheater handele und die Entscheidung für Gorleben ohnehin feststehe. Die Energieversorgungsunternehmen gossen zusätzlich Öl ins Feuer, indem sie mehrere Klagen gegen den Atomausstieg und das Standortauswahlgesetz einreichten. Eine zentrale Grundforderung für den Erfolg der Kommission ist allerdings, dass der Atomausstieg nicht wieder in Frage gestellt werden darf.

Trotz dieser schwierigen Rahmenbedingungen hat die Kommission inzwischen eine Struktur für ihre Arbeit gefunden. Dabei werden insbesondere hinsichtlich der Transparenz neue Maßstäbe gesetzt. Sämtliche Unterlagen und Wortprotokolle der Sitzungen sind öffentlich. Die Kommissionssitzungen können per Livestream im Internet verfolgt werden. Auch die Sitzungen der drei Arbeitsgruppen – Öffentlichkeitsbeteiligung, Evaluierung und Kriterien/Fehlerkorrekturen – sind öffentlich. Diese Transparenz ist notwendig, um Vertrauen in die Ergebnisoffenheit des Verfahrens zu schaffen. Auch wenn ein solcher Prozess oft anstrengend ist, bietet er doch die einzige Chance, den jahrzehntelangen Konflikt um die Endlagerung zu beenden.

2 Lehren aus dem Dauerkonflikt um Gorleben

Gorleben war über fast vier Jahrzehnte das Symbol für den Konflikt um die Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle schlechthin. Die Entscheidung für Gorleben erfolgte im Jahr 1976 unter erhöhtem Zeitdruck, da eine Änderung des Atomgesetzes in Kraft trat, die den Nachweis der gesicherten Entsorgung zur Bedingung für Kraftwerksgenehmigungen machte. Insbesondere die Proteste nach der ersten Teilerrichtungsgenehmigung für das Atomkraftwerk (AKW) Brokdorf im Oktober 1976 verdeutlichten der damaligen Bundesregierung, dass „der weitere Ausbau der Kernenergienutzung – u. U. sogar der langfristige weitere Betrieb der vorhandenen Reaktoren – in Frage gestellt“ sei (1).

In einem Ministergespräch am 11. November 1976 zwischen der Bundesregierung und der niedersächsischen Landesregierung wurde Gorleben unerwartet vom damaligen niedersächsischen Wirtschaftsminister Walter Leisler-Kiep quasi „aus dem Hut gezaubert“ (2). Vorherige Standortuntersuchungen der Kernbrennstoff-Wiederaufarbeitungs GmbH (KEWA), Hannover, für ein nukleares Entsorgungszentrum hatten diesen Standort jedoch nie in die engere Wahl gezogen. In den umfangreichen Unterlagen des parlamentarischen Untersuchungsausschusses Gorleben konnte kein Gutachten gefunden werden, nach dem Gorleben auf Grund von geologischen Kriterien ausgewählt worden wäre (3). Der mit den KEWA-Untersuchungen befasste damalige Vizepräsident des Niedersächsischen Landesamtes, Prof. Gerd Lüttig, sagte kurz vor seinem Tod in einem Interview des ZDF-Magazins *Frontal21* sogar aus, dass er dem Ministerpräsidenten Albrecht die politische Festlegung vorgeworfen hatte und zur Antwort erhielt: „Ja das macht gar nichts, das ist jetzt eine politische Entscheidung.“ und „Ihr Geologen kommt auch noch dran.“ (4).

Auch in den folgenden Jahren wurde die Erkundung des Salzstocks Gorleben unter großem politischen Druck vorgenommen. Der renommierte Quartärgeologe Prof. Klaus Duphorn war zwischen 1979 und 1982 am hydrogeologischen Untersuchungsprogramm beteiligt und kam zu der klaren Erkenntnis, dass sich der

hydrogeological investigations from 1979 to 1982. He came to the clear conclusion that poor characteristics of the overlying rock meant that Gorleben was not a suitable site for the permanent disposal of radioactive waste (5). Statements like these, however, were a risk to the Eignungshöflichkeit (justified hope that a site is suitable for a repository) that was desperately needed for proof of safe waste disposal. This had far-reaching implications for Duphorn, as it led to his qualifications being publicly called into question (6) and stopped him receiving any more research contracts. The case of geophysicist Heinz Nickel is another example that reveals how scientists who voiced criticism were treated. In 1983, using a technique he had developed himself, Nickel found evidence of trapped gas and brine in the Gorleben salt dome. His results were not included in the exploration report and were banned from being cited in scientific articles (7).

These examples show that significant doubts about the unbiased nature of the Gorleben explorations are justified. They have caused an enormous loss of trust. The most important lesson to be learned from the Gorleben saga is that it is wrong to choose a site for political reasons and then try to push it through. The situation has blown Gorleben's chances of being used as a repository. Total transparency and widespread public participation are therefore crucial to eliminating all doubts about the unbiased nature of the new site selection process from the outset.

3 Lessons from the Asse disaster

The Asse mine was also not picked on the basis of a selection process. Rather, it was chosen because a decommissioned mine with a large cavern volume situated in a remote location close to the German-German border was a "good opportunity" (8). At the time the mine was purchased, there was a lack of information on safety-related questions that would, for instance, have required a comprehensive programme of geotechnical investigations (9). Because nuclear research facilities had already produced large quantities of radioactive waste by the mid-1960s, the pressure to find a place to dispose of it dominated the affair from the outset.

At a crucial meeting of the coordinating committee, the relevant expert at the German Federal Ministry for Scientific Research set out the official line that said safety concerns in the region would be considered subordinate to the "need" for disposal: "He therefore proposes beginning with the storage soon..., with the emplacement happening in the context of research" (10). Thus, research was used as an excuse to dispose of waste without a safety analysis. From then on, the name "Asse research mine" only served to conceal the fact that the storage of 126,000 containers of low to intermediate level radioactive waste was actually set to be permanent.

Asse helped one scientist in particular make a career for himself. Up until the early 2000s, Prof. Klaus Kühn was considered Germany's leading repository expert and was a vehement advocate of salt as a host rock. Even in 2006, he lamented the fact that policymakers had put an end to the "top-flight international research" in the Asse mine (11). Back in 1966, Kühn claimed – without any safety analyses – that "flooding via the shaft or the south-western flank [was] extremely unlikely" (12).

Standort Gorleben auf Grund der mangelhaften Eigenschaften des Deckgebirges für die Endlagerung radioaktiver Abfälle nicht eigne (5). Solche Aussagen gefährdeten jedoch die postulierte „Eignungshöflichkeit“, die für den Nachweis der Entsorgungssicherheit dringend benötigt wurde. Für Duphorn hatte dies weitreichende Folgen, da seine Qualifikation öffentlich in Frage gestellt wurde (6) und er keine weiteren Forschungsaufträge mehr erhielt. Ein weiteres Beispiel für den Umgang mit kritischen Wissenschaftlern war der Geophysiker Heinz Nickel, der im Jahr 1983 mit einem von ihm entwickelten Verfahren Hinweise auf Gas- und Laugeneinschlüsse im Salzstock Gorleben fand. Seine Ergebnisse wurden nicht in den Erkundungsbericht aufgenommen und durften in keinem wissenschaftlichen Artikel erwähnt werden (7).

Diese Beispiele zeigen, dass erhebliche Zweifel an der Ergebnisoffenheit der Erkundungen in Gorleben berechtigt sind, womit ein großer Vertrauensverlust verbunden ist. Die wichtigste Lehre aus der langen Geschichte des Standorts Gorleben lautet, dass es falsch ist, einen Standort politisch festzulegen und dann durchsetzen zu wollen. Vor diesem Hintergrund ist Gorleben als Endlagerstandort verbrannt. Um Zweifel an der Ergebnisoffenheit des neuen Standortauswahlverfahrens von vornherein auszuräumen, sind völlige Transparenz und weitgehende Öffentlichkeitsbeteiligung daher unerlässlich.

3 Lehren aus dem Asse-Desaster

Auch die Auswahl der Schachanlage Asse war nicht das Ergebnis eines Standortauswahlprozesses, sondern erfolgte, weil sich ein stillzulegendes Bergwerk wegen seines hohen Hohlraumvolumens und seiner abseitigen Lage in der Nähe der damaligen innerdeutschen Grenze als „günstige Gelegenheit“ (8) anbot. Zum Zeitpunkt des Kaufs des Bergwerks fehlten Informationen zu sicherheitsrelevanten Fragen, die z.B. ein umfassendes geowissenschaftliches Untersuchungsprogramm erfordert hätten (9). Von Anfang an bestimmte der Entsorgungsdruck das Geschehen, da an den kerntechnischen Forschungsstätten Mitte der 1960er Jahre bereits größere Mengen an radioaktiven Abfällen angefallen waren.

Bei einer entscheidenden Sitzung des Koordinierungsausschusses legte der im Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung zuständige Referent die zukünftige Sprachregelung fest, wonach Sicherheitsbedenken aus der Region als nachrangig gegenüber dem „Bedürfnis“ nach Entsorgung angesehen wurden. „Er schlägt deshalb vor, mit der Einlagerung bald zu beginnen, ..., wobei die Einlagerung als Forschung läuft“ (10). Ergo: Entsorgung ohne Sicherheitsanalyse unter dem Deckmantel der Forschung. Fortan wurde mit dem Begriff Forschungsbergwerk Asse nur verkleistert, dass die Einlagerung von 126.000 Fässern mit leicht- und mittelradioaktiven Abfällen endgültig sein sollte.

Die Asse ermöglichte insbesondere einem Wissenschaftler den Aufbau einer Karriere. Bis zum Anfang des 21. Jahrhunderts galt Prof. Klaus Kühn als wichtigster Endlagerfachmann Deutschlands und vehementer Verfechter der Salzlinie, der noch im Jahr 2006 die politische Beendigung der „internationalen Spitzenforschung“ in der Asse beklagte (11). Schon 1966 behauptete Kühn ohne Sicherheitsanalysen, dass ein „Wassereintrich über den Schacht oder die Südwestflanke höchst unwahrscheinlich sei“ (12).

Über vier Jahrzehnte wurde die Mär von der Spitzenstellung der Endlagerforschung in der Asse aufrecht erhalten. Kritische

The fairytale about Asse being home to leading repository research was upheld for four decades. Worrying facts, such as the possibility of the mine flooding, did not fit into this narrative. In 1979, for instance, Hans-Helge Jürgens warned of a possible flooding scenario (13) that would prove realistic 30 years later. However, he was not taken seriously and even suffered difficulties in his career as a result (14). In 1995, an employee at the research organisation operating the mine (Gesellschaft für Strahlenforschung GmbH (GSF), which became Helmholtz-Zentrum München in 1998), found that the brine inflow that had been increasing since 1988 was coming from the overlying rock (15), which meant that the maximum credible accident that had previously been described as impossible had actually happened. He was not, however, allowed to publish the results in his habilitation thesis (16).

The history of the supposed research mine Asse II is the biggest scandal to have occurred in German repository research. To this day, however, the scientific community has not carried out a ruthless, critical appraisal of how these misguided developments could happen under the pretext of research. It is not enough for one-time repository pundit Kühn to admit before the parliamentary committee of inquiry that, from today's perspective, he would not store any more radioactive waste there (17). Not only did Kühn fail, but an entire system did, too. Why did the usual mechanisms of science, such as critical scrutiny and peer-review processes, fail? What can be done to stop critics being intimidated and silenced? What instruments are needed to stop this kind of collective failure happening again? The commission must and will think very hard about these issues.

4 Repository task force

The repository task force (Arbeitskreis Endlager, AKEnd) set up in 1999 by Germany's then environment minister Jürgen Trittin presented its proposal for a site selection process in December 2002 (18). AKEnd included both supporters and critics of Gorleben. This made it all the more surprising that, against the backdrop of Germany's first decision on nuclear phase-out and the accompanying moratorium on Gorleben, the group was able to produce a forward-looking result on which everyone agreed. The starting point for the work was a "blank map" of Germany (i.e. the whole country was considered; no regions were selected or rejected in advance) and the aim of providing a single repository for all types of radioactive waste by 2030.

AKEnd formulated the following basic requirements for the selection process:

- The repository should be built and operated in a site that offers long-term safety and has been identified as the best site among those compared in the criteria-driven selection process.
- The repository should comply with the most stringent safety requirements, i.e. it should be designed so as to require no maintenance. AKEnd came out against the option of making it possible to retrieve the waste, saying that doing so could have a negative impact on the features of the rock and the geotechnical barriers that should provide long-term safety.

Fakten, wie ein mögliches Absaufen der Schachanlage, passten nicht ins Weltbild. So warnte schon im Jahr 1979 Hans-Helge Jürgens vor einem möglichen Ersaufszszenario (13), das sich 30 Jahre später als realistisch herausstellen sollte. Er wurde jedoch nicht ernst genommen und musste sogar berufliche Schwierigkeiten in Kauf nehmen (14). Im Jahr 1995 stellte ein Mitarbeiter der betreibenden Forschungsorganisation GSF (Gesellschaft für Strahlenforschung GmbH, seit 2008 Helmholtz-Zentrum München) fest, dass die seit 1988 zunehmenden Laugenzuflüsse aus dem Deckgebirge zufließen (15), womit der zuvor ausgeschlossene größte anzunehmende Unfall (GAU) der Endlagerung eingetreten war. Die Ergebnisse durften jedoch nicht in seiner Habilitationsschrift veröffentlicht werden (16).

Die Geschichte des vermeintlichen Forschungsbergwerks Asse II ist der größte Skandal der deutschen Endlagerforschung. Doch bis heute fehlt eine schonungslose kritische Aufarbeitung seitens der Wissenschaftsgemeinschaft, wie es zu solchen Fehlentwicklungen unter dem Deckmantel der Forschung kommen konnte. Es reicht nicht aus, wenn der früher Endlagerpapst genannte Kühn vor dem parlamentarischen Untersuchungsausschuss zugibt, aus heutiger Sicht würde er dort keine radioaktiven Abfälle mehr einlagern (17). Nicht nur Kühn hat versagt, sondern ein ganzes System. Warum versagten die normalen Mechanismen der Wissenschaft, wie kritisches Hinterfragen und Peer-Review-Verfahren? Wie kann verhindert werden, dass Kritiker eingeschüchtert und mundtot gemacht werden? Welche Instrumente sind erforderlich, um ein solches Kollektivversagen zukünftig zu vermeiden? Die Kommission muss und wird sich hiermit intensiv auseinandersetzen.

4 Arbeitskreis Endlager

Der im Jahr 1999 vom damaligen Bundesumweltminister Jürgen Trittin eingesetzte Arbeitskreis Endlager (AKEnd) legte im Dezember 2002 seinen Vorschlag für ein Standortauswahlverfahren vor (18). In dem Arbeitskreis waren sowohl Gorleben-Befürworter als auch -Kritiker vertreten. Umso mehr überraschte, dass vor dem Hintergrund des ersten Atom-Ausstiegsbeschlusses und dem damit verbundenen Gorleben-Moratorium ein konsensual getragenes und zukunftsweisendes Ergebnis erzielt werden konnte. Dabei wurde von der sogenannten weißen Deutschlandkarte und der Bereitstellung eines Endlagers für alle Arten radioaktiver Abfälle bis 2030 als Randbedingungen ausgegangen.

Für das Auswahlverfahren hat der AKEnd folgende Grundanforderungen formuliert:

- Das Endlager soll an einem Standort mit langfristiger Sicherheit errichtet und betrieben werden, der in dem kriterien gesteuerten Auswahlverfahren als relativ bester Standort ermittelt wird.
- Das Endlagerbergwerk soll höchste Sicherheitsanforderungen erfüllen, d.h. es soll nachsorgefrei ausgelegt werden. Der AKEnd sprach sich gegen die Rückholbarkeit von Abfällen aus, da dadurch die auf die langfristige Sicherheit zielenden Merkmale von Gebirge und geotechnischen Barrieren nachteilig beeinträchtigt werden können.
- Eine möglichst hohe Beteiligungsbereitschaft der regionalen Bevölkerung wird von Beginn an angestrebt.
- Von Anfang an soll die Suche nach einem Endlager mit der Regionalentwicklung eng verbunden werden.

- Efforts should be made from the start to maximise the regional population's willingness to participate.
- The search for a repository should be closely linked to regional development from the outset.

According to AKEnd, the criteria-driven site selection process should be implemented in five steps.

The first step is to apply geoscientific exclusion criteria and minimum requirements to the blank map of Germany. The geological formations must have very low rock permeability ($< 10^{-10}$ m/s), and the isolating rock zone must have adequate horizontal and vertical dimensions. Sites should be excluded if they have recently experienced volcanic and tectonic activity, and have an uplift rate that exceeds 1 mm per year. There must be no evidence that casts doubt on the site's ability to comply with the minimum requirements over a period of 1 million years. The outcome of the first step is a list of geological search spaces.

The second step is to use geological assessment criteria to select areas within the search spaces that have particularly favourable geological conditions. Three weighting groups – quality of the isolation capacity, security of the isolation capacity, and other safety-related characteristics – should be subjected to a verbal-argumentative assessment. The areas that are found to have less favourable geological conditions should be put to one side.

The third step is to identify at least three and ideally five regions in the areas with favourable geological conditions. This firstly involves applying planning-related exclusion criteria, which include nature reserves and water conservation areas. The assessment incorporates social and planning criteria, such as the distance from residential areas and landscape conservation areas. AKEnd sees the public's willingness to participate as playing a big role in defining the regions.

The fourth step is to carry out underground explorations in at least two of the sites. The fifth step is to choose a repository site on the basis of the exploration results.

With its proposal, AKEnd documented what was then the state of the art in implementing selection processes and securing public participation. The repository commission's hearing on 6 December 2014 showed that many elements of the concept still correspond to the state of the art today (19). They include, in particular, the criteria-driven step-by-step process, the transparency and unbiased approach with regard to public participation, and the primacy of safety.

5 Individual safety issues

The German Federal Office for Radiation Protection (BfS) in Salzgitter presented its synthesis report (20) in November 2005. Studies on 12 fundamental conceptual and safety-related issues regarding the permanent disposal of radioactive waste were carried out to establish the state of the art at the time. The studies were designed to find out whether the various types of host rock differed with respect to criteria such as retrievability, chemotoxicity, gas formation, criticality, a multi-barrier concept, and human intrusion. The results were peer reviewed and discussed in a workshop. The synthesis report thus provides a comprehensive assessment of what the state of the art in permanent disposal was ten years ago (21).

Das kriteriengesteuerte Standortauswahlverfahren sollte nach AKEnd in fünf Schritten durchgeführt werden.

Im ersten Schritt sollen geowissenschaftliche Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen auf die weiße Deutschlandkarte angewandt werden. Die geologischen Formationen müssen eine sehr geringe Gebirgsdurchlässigkeit ($< 10^{-10}$ m/s) aufweisen und der einschlusswirksame Gebirgsbereich eine ausreichende flächige und vertikale Ausdehnung besitzen. Ausgeschlossen werden sollen Gebiete mit junger vulkanischer und tektonischer Aktivität sowie Hebungsraten von größer 1 mm/Jahr. Es dürfen keine Erkenntnisse vorliegen, die Zweifel an der Einhaltung der Mindestanforderungen über 1 Mio. Jahre aufkommen lassen. Ergebnis dieses Schrittes sind geologische Suchräume.

Im zweiten Schritt sollen innerhalb der geologischen Suchräume Teilgebiete mit besonders günstigen geologischen Verhältnissen auf Basis von geologischen Abwägungskriterien ausgewählt werden. In drei Gewichtungsgruppen werden die Güte des Isolationsvermögens, die Absicherung des Isolationsvermögens und weitere sicherheitsrelevante Eigenschaften einer verbal-argumentativen Abwägung unterzogen. Die auf diesem Weg identifizierten Teilgebiete mit weniger günstigen geologischen Verhältnissen sollen im Verfahren zurückgestellt werden.

Im dritten Schritt sollen in den Teilgebieten mit günstigen geologischen Verhältnissen möglichst fünf, mindestens aber drei Standortregionen gebildet werden. Hierzu werden zunächst planungswissenschaftliche Ausschlusskriterien angewandt, zu denen u.a. Naturschutzgebiete und Wasserschutzgebiete zählen. In die Abwägung fließen sozial- und planungswissenschaftliche Abwägungskriterien ein, wie z. B. der Abstand zu Siedlungsflächen und Landschaftsschutzgebiete. Die Beteiligungsbereitschaft der Bevölkerung spielt nach den Vorstellungen des AKEnd eine große Rolle bei der Abgrenzung der Standortregionen.

Im vierten Schritt soll an mindestens zwei Standorten eine un-tertägige Erkundung stattfinden. Im fünften Schritt erfolgt dann die Entscheidung über den Endlagerstandort auf Basis der Erkundungsergebnisse.

Der Vorschlag des AKEnd hat den damals aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik bei der Durchführung von Auswahlverfahren und der Bürgerbeteiligung dokumentiert. Die Anhörung in der Endlagersuchkommission am 06. Dezember 2014 zeigte, dass viele Elemente dieses Konzepts auch heute noch dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen (19). Hierzu zählen insbesondere das kriteriengesteuerte schrittweise Vorgehen, die Transparenz und Ergebnisoffenheit in der Öffentlichkeitsbeteiligung sowie das Primat der Sicherheit.

5 Sicherheitstechnische Einzelfragen

Im November 2005 legte das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Salzgitter, den sogenannten Synthesebericht vor (20). In zwölf Untersuchungsvorhaben wurde zu grundsätzlichen sicherheitstechnischen und konzeptionellen Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle der damalige Stand von Wissenschaft und Technik ermittelt. Die Untersuchungen wurden mit der Fragestellung erstellt, ob sich hinsichtlich solcher Kriterien wie Rückholbarkeit, Chemotoxizität, Gasbildung, Kritikalität, Mehrbarrierenkonzept oder menschliche Einwirkungen Unterschiede bei den verschiedenen Wirtsgesteinen feststellen lassen. Die Ergebnisse wurden einem

One significant result was that none of the types of host rock – salt, clay or crystalline – were found to have clear advantages over the others, making it impossible to establish a hierarchy on a generic level. No host rock can consistently guarantee the highest level of repository safety. The advantages of each host rock can thus only be identified if the sites are compared. The report also noted that appropriate repository concepts can be developed for every type of host rock formation relevant to Germany (22).

6 Safety requirements

Building on the issues surrounding safety, the German Federal Environment Ministry set out up-to-date standards for a repository for heat-generating radioactive waste when it published its safety requirements in 2010 (23). The requirements specify the state of the art which the construction, operation and sealing of a repository for heat-generating waste must follow and which must be checked by the relevant licensing authority (24). Although the safety requirements do not include any concrete criteria for selecting a site, they do set out conditions for the safe operation of the repository, and these should be examined during a selection process.

Evidence must be provided to confirm that the quantity of pollutants that might escape from the repository will be at most very low for a period of one million years. A multi-barrier system must be put in place and follow the principles that commonly apply in nuclear contexts: redundancy (duplicate safety systems) and diversity (independent mechanisms).

Peer Review unterzogen und auf einem Workshop diskutiert. Der Synthesebericht stellt somit eine umfassende Bewertung des Standes von Wissenschaft und Technik der Endlagerung vor zehn Jahren dar (21).

Wesentliches Ergebnis war, dass keine eindeutigen Vorteile eines Wirtsgesteines – Salz, Ton oder Kristallin – festzustellen waren und somit auch auf generischer Ebene keine Rangfolge aufgestellt werden konnte. Kein Wirtsgestein gewährleistet immer eine größte Endlagersicherheit. Vorteile von Wirtsgesteinen können demnach nur im Vergleich von Standorten ermittelt werden. Es wurde auch festgestellt, dass für alle in Deutschland relevanten Wirtsgesteinsformationen angepasste Endlagerkonzepte entwickelt werden können (22).

6 Sicherheitsanforderungen

Aufbauend auf den sicherheitstechnischen Fragen hat das Bundesumweltministerium im Jahr 2010 mit der Veröffentlichung der Sicherheitsanforderungen aktuelle Maßstäbe für ein Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle vorgegeben (23). Die Sicherheitsanforderungen konkretisieren den Stand von Wissenschaft und Technik, der bei Errichtung, Betrieb und Verschluss eines Endlagers für wärmeentwickelnde Abfälle einzuhalten und von der jeweiligen Genehmigungsbehörde zu prüfen ist (24). Auch wenn die Sicherheitsanforderungen keine konkreten Kriterien für die Standortauswahl festlegen, werden dennoch Anforderungen an einen sicheren Betrieb des Endlagers gestellt, die bei einem Auswahlverfahren zu prüfen sind.

It must be possible to retrieve the radioactive waste during the repository's operating phase. In an emergency, the containers must also be retrievable 500 years after the repository has been sealed.

7 Comparative safety analyses (VerSi)

The results of a BfS-initiated research project on comparative safety analyses (VerSi) were also published in 2010. The project's aim was to develop a method for comparing long-term safety analyses for repositories built in different types of host rock (25). Comparing different repository systems is not trivial because the scenarios relevant to the overall safety assessment can lead to different consequences. In this sense, one cannot expect a quantifiable, absolute result.

A verbal-argumentative assessment (26) involves using safety functions to evaluate the robustness of components and subsystems. A repository's overall robustness depends on how robust the safety functions of the subsystems are. Deficits in robustness are identified using a step-by-step evaluation of the safety functions. The VerSi methods provide the basis for a verbal-argumentative assessment of the safety of repository sites (27).

8 Potential types of host rock

The German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) in Hanover produced studies on the three types of host rock that could be used in Germany. The studies looked at distribution and potential compliance with minimum requirements. Two studies were carried out in the 1990s, one on crystalline deposits (28) and one on salt deposits (29). Their results are still relevant today (30). In 2007, the BGR presented a study on clay (31) that built on the minimum requirements and exclusion criteria drawn up by AKEnd.

Crystalline rock worthy of further study is located in Bavaria (the Fichtel Mountains, the northern Upper Palatinate Forest, and in Saldenburg granite), in the grey gneiss complex in the Ore Mountains, in the Granulite Massif, in the granodiorite in the Lusatian fault block, and in the buried granodiorite in the Halle-Wittenberg fault block (28). As for salt formations, the salt structures in Waddekath, Wahn and Zwischenahn proved particularly suitable, as did (with reservations) the structure in Gülze-Sumte (29). Clay formations that comply with the AKEnd criteria are found in the Lower Cretaceous and Lower and Middle Jurassic in northern Germany, and in the Middle Jurassic in southern Germany (31).

These three studies mean that the potentially suitable geological search spaces are known, or rather merely require a detailed investigation. An important step in the AKEnd selection process has thus already been completed.

9 Cornerstones of a new site selection process

Key components of a site selection process already exist and can be put directly into practice. The commission can thus build on a solid foundation that only needs to be reviewed – and where necessary modified – with regard to the state of the art.

This applies in particular to AKEnd's proposed technical and scientific criteria, many aspects of which can be adopted. The

Für einen Zeitraum von 1 Mio. Jahre muss der Nachweis erbracht werden, dass allenfalls sehr geringe Schadstoffmengen aus dem Endlager freigesetzt werden können. Es muss ein Mehrbarriersensystem realisiert werden, das den im kerntechnischen Bereich üblichen Prinzipien der Redundanz (doppelte Sicherheitssysteme) und Diversität (unabhängige Wirkmechanismen) folgt.

Während der Betriebszeit des Endlagers muss die Rückholbarkeit der radioaktiven Abfälle möglich sein. Im Notfall müssen die Behälter auch 500 Jahre nach Verschluss des Endlagers geborgen werden können.

7 Vergleichende Sicherheitsanalysen (VerSi)

Ebenfalls im Jahr 2010 wurden die Ergebnisse des vom BfS initiierten Forschungsprojektes „Vergleichende Sicherheitsanalysen“ (VerSi) vorgelegt, das als Ziel die Erarbeitung einer Methodik zum Vergleich von Langzeitsicherheitsanalysen für Endlagersysteme in unterschiedlichen Wirtsgesteinen hatte (25). Ein Vergleich unterschiedlicher Endlagersysteme ist nicht trivial, da die für die Gesamtbewertung der Sicherheit relevanten Szenarien zu unterschiedlichen Konsequenzen führen können. Insofern kann nicht ein quantifizierbares absolutes Ergebnis erwartet werden.

Bei einem verbal-argumentativen Abwägungsverfahren (26) wird an Hand von Sicherheitsfunktionen die Robustheit von Komponenten und Teilsystemen bewertet. Die Gesamtrobustheit des Endlagers hängt davon ab, wie robust die Sicherheitsfunktionen der Teilsysteme sind. Mithilfe einer schrittweisen Bewertung der Sicherheitsfunktionen werden mögliche Robustheitsdefizite identifiziert. Mit den methodischen Ansätzen von VerSi liegen die Grundlagen für eine verbal-argumentative Abwägung der Sicherheit von Endlagerstandorten vor (27).

8 Potentielle Wirtsgesteine

Von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, wurden zu den drei in Deutschland möglichen Wirtsgesteinen Studien zur Verbreitung und potentiellen Einhaltung von Mindestanforderungen erstellt. In den 1990er Jahren wurden zwei Studien zu Kristallinvorkommen (28) und zu Salzvorkommen (29) durchgeführt, deren Ergebnisse auch heute noch aktuell sind (30). Im Jahr 2007 wurde zudem eine Tonstudie vorgelegt (31), die auf den Mindestkriterien und Ausschlusskriterien des AKEnd aufbaute.

Die weiter untersuchungswürdigen Kristallingesteine befinden sich im bayrischen Kristallin des Fichtelgebirges, des nördlichen Oberpfälzer Waldes und des Saldenburggranits, dem Graugneiskomplex im Erzgebirge, dem Granulitgebirge, den Granodioriten der Lausitzer Scholle und den verdeckten Granodioriten der Halle-Wittenbergischen Scholle (28). Bei den Salzformationen stellten sich die Salzstrukturen von Waddekath, Wahn und Zwischenahn sowie mit Vorbehalten Gülze-Sumte als besonders geeignet heraus (29). Die Kriterien des AKEnd erfüllen die Tonformationen der Unterkreide, des Unter- und Mitteljura in Norddeutschland, sowie des Mitteljura in Süddeutschland (31).

Mit diesen drei Studien sind die potentiell geeigneten geologischen Suchräume bekannt bzw. bedürfen nur noch einer Überprüfung in Details. Damit wäre ein wesentlicher Schritt des Auswahlverfahrens nach AKEnd bereits weitgehend erfüllt.

minimum requirements and geoscientific exclusion criteria are still relevant today and already served as the basis for the BGR's clay study. More discussion is likely to be needed as regards the planning criteria, since – at least in the author's view – nature reserves should not rank above residential areas, for instance.

The commission is entering new territory with its work on developing instruments for error correction. A step-by-step process must include breakpoints that offer scope for jumping backwards in the case of undesirable developments or mistakes. It is important that critics are involved in the process from the outset and play a key, valued role. The only way to avoid undesirable developments is if all of society's expertise is incorporated (or at least has the opportunity to be incorporated) into the process.

Transparency and participation are essential to ensuring the site selection process receives widespread acceptance, including in the regions under consideration. The AKEnd task force has already developed a comprehensive toolkit for doing this, which must be adapted to fit the more advanced communication methods available today. It must be standard practice for all information on the site selection process to be made freely available, and nothing must be covered up. A key issue for public participation will be how a participation committee can operate on an equal footing with the agency responsible for implementing the project. The commission is engaging in intensive dialogue with social groups and citizens' initiatives in order to draw up a contemporary participation plan.

One of the commission's main tasks – and another piece of uncharted territory – is to evaluate the Repository Site Selection Act. Among other things, it will assess whether the structure of the process is suited to the task and which legal regulations need to be scrutinised. It must also discuss whether or not serious consideration should be given to retrievability of the radioactive waste or to long-term interim storage. If, however, one is serious about intergenerational equity, shifting the issue onto future generations like this would be ethically unacceptable.

The Commission on the Disposal of High-level Radioactive Waste is due to present a report on all the questions raised, as well as a catalogue of criteria for a site selection process, by mid-May 2016. This is an ambitious but feasible timescale. Irrespective of whether one was for or against nuclear energy, we must all work together to quickly find a solution for the permanent disposal of high-level radioactive waste. Complete nuclear phase-out by 2022, which is the only way to stop any more nuclear waste being produced, offers a good chance to end the ongoing conflict.

9 Eckpunkte für ein neues Standortauswahlverfahren

Wesentliche Bestandteile eines Standortauswahlverfahrens liegen bereits vor und können direkt angewandt werden. Die Kommission kann somit auf einem soliden Fundament aufbauen, das lediglich hinsichtlich des Standes von Wissenschaft und Technik überprüfbar und bei Bedarf modifiziert werden muss.

Dies gilt in besonderer Weise für die vom AKEnd vorgeschlagenen technisch-wissenschaftlichen Kriterien, die in weiten Teilen übernommen werden können. Die Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien sind auch heute noch aktuell und waren bereits Basis für die BGR-Tonstudie. Hinsichtlich der planungswissenschaftlichen Kriterien wird ein größerer Diskussionsbedarf gesehen, da nach Ansicht des Autors Schutzgebiete des Naturschutzes nicht einen höheren Stellenwert als z.B. Siedlungsräume haben sollten.

Neuland betritt die Kommission mit der Erarbeitung von Instrumenten für Fehlerkorrekturen. In einem gestuften Verfahren müssen Haltepunkte vorgesehen werden, die einen Rücksprung bei Fehlentwicklungen oder -einschätzungen ermöglichen. Wichtig ist dabei, dass Kritiker von Anfang an in das Verfahren eingebunden werden und auch eine wichtige und geschätzte Rolle einnehmen. Nur wenn der gesamte in der Gesellschaft vorhandene Sachverstand in das Verfahren eingebunden wird – jedenfalls zumindest die Möglichkeit hierzu hat – sind Fehlentwicklungen zu vermeiden.

Um eine weitgehende Akzeptanz des Standortauswahlverfahrens auch in den potentiellen Standortregionen zu erreichen, sind Transparenz und Beteiligung zwingende Voraussetzungen. Der AKEnd hat auch hierzu bereits ein umfangreiches Instrumentarium erarbeitet, das an die heute weiter entwickelten Möglichkeiten der Kommunikation anzupassen ist. Es muss heute Standard sein, dass alle Informationen zu dem Standortauswahlverfahren frei zugänglich sind und es keine Geheimwissenschaften geben darf. Ein zentraler Punkt bei der Bürgerbeteiligung wird sein, wie ein Beteiligungsgremium auf gleicher Augenhöhe mit dem Vorhabenträger operieren kann. Zur Erarbeitung eines zeitgemäßen Beteiligungskonzepts tritt die Kommission in einen intensiven Dialog mit gesellschaftlichen Gruppen und Bürgerinitiativen ein.

Ein zentraler Auftrag an die Kommission und damit ebenfalls Neuland ist die Evaluierung des Standortauswahlgesetzes. Die Kommission prüft dabei u.a., ob die Verfahrensstruktur für die Aufgabe angemessen ist und welche gesetzlichen Regelungen auf den Prüfstand gehören. Es wird auch die Frage zu diskutieren sein, ob eine Rückholbarkeit der radioaktiven Abfälle oder eine Langzeitzwischenlagerung ernsthaft in Erwägung gezogen werden sollte. Wenn man Generationengerechtigkeit ernst meint, ist aber eine solche Verschiebung auf zukünftige Generationen ethisch nicht zu vertreten.

Die Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe soll bis Mitte 2016 einen Bericht zu allen aufgeworfenen Fragen und einen Kriterienkatalog für ein Standortauswahlverfahren vorlegen. Dies ist ein ambitionierter Zeitrahmen, der aber einhaltbar ist. Unabhängig davon, ob man Befürworter oder Gegner der Kernenergie war, muss ein gemeinsames Ziel sein, eine rasche Lösung für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle zu finden. Der endgültige Atomausstieg bis zum Jahr 2022, der allein sicherstellt, dass keine weiteren radioaktiven Abfälle produziert werden, bietet die Basis für eine Chance auf Beendigung des Dauerkonflikts.

References / Quellenverzeichnis

- (1) Bundeskanzleramt: Kabinettsvorlage vom 9.11.1976. zitiert in: Bundestagsfraktion Bündnis90/Die Grünen: Druck und Willkür – wie Gorleben im Jahr 1977 plötzlich zum Endlagerstandort wurde. 2. Zwischenbericht aus dem Parlamentarischen Untersuchungsausschuss Gorleben 2011.
- (2) Nass, K. O.: Zeugenaussage vor dem Parlamentarischen Untersuchungsausschuss Gorleben. Sitzungsprotokoll der 43. Sitzung, 26.05.2011.
- (3) Bundestag: Bericht des 1. Untersuchungsausschusses nach Artikel 44 des Grundgesetzes. Drucksache 17/13700 (2013) S. 357.
- (4) Lüttig, G.: Eine Fülle von Lügen. Interview mit Frontal21 am 13.04.2010.
- (5) Duphorn, K.: Zeugenaussage vor dem Parlamentarischen Untersuchungsausschuss Gorleben. Sitzungsprotokoll der 12. Sitzung, 08.07.2010.
- (6) Deutsches Atomforum: Stellungnahme zu den Behauptungen von Prof. Duphorn zu den Standorterkundungen in Gorleben. DATf Info, 1982.
- (7) Nickel, H.: Zeugenaussage vor dem Parlamentarischen Untersuchungsausschuss Gorleben. Sitzungsprotokoll der 23. Sitzung, 11.11.2010.
- (8) Möller, D.: Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland. Verlag Peter Lang, 2009.
- (9) Bundesanstalt für Bodenforschung: Antrag für ein Forschungsvorhaben: Lokalgeologische, hydrogeologische und geophysikalische Untersuchungen an Salzformationen im Hinblick auf die Endlagerung radioaktiver, auch hochradioaktiver Abfälle in geologischen Körpern. Az. III 2099/65, 1965.
- (10) Arbeitsausschuss zur Koordinierung der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der GSF und der GfK auf dem Gebiet der Tief Lagerung radioaktiver Rückstände: Protokoll der 2. Sitzung am 30.08.1965.
- (11) Kühn, K.: Die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland – wo liegen die Probleme im internationalen Vergleich? Vortrag acatech-Symposium 21.11.2006.
- (12) Kühn, K.: Studie über die Gefahr eines Wasser- oder Laugeneinbruchs in das Grubengebäude der Schachanlage Asse II. GSF-T4, 1966.
- (13) Jürgens, H.-H.: Atommülldeponie Salzbergwerk Asse II: Gefährdung der Biosphäre durch mangelnde Standsicherheit und das Ersaufen des Grubengebäudes.- Aktiv-Druck, Göttingen, 2. verbesserte Aufl. 1979.
- (14) Jürgens, H.-H.: Zeugenvernehmung im niedersächsischen Parlamentarischen Untersuchungsausschuss Asse. Niederschrift der 15. Sitzung, 01.10.2009.
- (15) Herbert, H.-J. & Sander, W.: Zusammensetzung, Herkunft, Entstehung und Entwicklung der Salzlösungen aus der Südflanke der Schachanlage Asse II. GSF interner Bericht 1995.
- (16) 21. Parlamentarischer Untersuchungsausschuss des niedersächsischen Landtages: Abschlussbericht, 2012, S. 143.
- (17) Kühn, K.: Zeugenvernehmung im niedersächsischen Parlamentarischen Untersuchungsausschuss Asse. Niederschrift der 23. Sitzung, 05.11.2009.
- (18) Arbeitskreis Endlager: Auswahlverfahren für Endlagerstandorte – Empfehlungen des AKEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte. Abschlussbericht 2002.
- (19) Kommission Lagerung hochradioaktiver Abfälle: Protokoll der 7. Sitzung, 06.12.2014.
- (20) Bundesamt für Strahlenschutz: Konzeptionelle und Sicherheitstechnische Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle – Wirtsgesteine im Vergleich. BfS-17/05, 2005.
- (21) Kleemann, U.: Konzeptionelle und sicherheitstechnische Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle – Wirtsgesteine im Vergleich. atw (2005), S. 743-748.
- (22) Bundesamt für Strahlenschutz: Umfangreiches Gutachten zu sicherheitstechnischen Fragen vorgestellt. Pressemitteilung 034, 2005.
- (23) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder Abfälle – 2010.
- (24) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder Abfälle. Pressemitteilung 01.03.2010.
- (25) Resele, G., Holocher, J., Kämpfer, Th., Mayer, G., Mönig, J., Rübel, A., Beushausen, M., Wollrath, J.: VerSi-method for the quantitative comparison of repository systems for nuclear waste. Jahrestagung Kerntechnik 2011.
- (26) Fischer-Appelt, K. & Baltes, B.: Abwägungsmethodik für den Vergleich von Endlagersystemen in unterschiedlichen Wirtsgesteinsformationen. GRS-A-3536, 2010.
- (27) Kleemann, U.: Die vergleichende Sicherheitsanalyse. Vortrag repository, 2008.
- (28) Bräuer, V., Reh, M., Schulz, P., Schuster, P., Sprado, H.-J.: Endlagerung stark wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands – Untersuchung und Bewertung von Regionen in nichtsalinaren Formationen. BGR 112642, 1994.
- (29) Kockel, F., Krull, P.: Endlagerung stark wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands – Untersuchung und Bewertung von Salzformationen. BGR 111089 1995.
- (30) Bräuer, V.: Die Geowissenschaften als Schlüssel zur sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle. GMIT 43 (2011), S. 6-14.
- (31) Hoth, P., Wirth, H., Reinhold, K., Bräuer, V., Krull, P., Feldrappe, H.: Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands – Untersuchung und Bewertung von Tongesteinsformationen. BGR 2007.

Author / Autor

Dr. rer. nat. Ulrich Kleemann, wissenschaftliches Mitglied der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe, Berlin, und Präsident der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Koblenz