

Hinweise zur Beantwortung der Frage:

„Entspricht der Langzeitsicherheitsnachweis des Endlagers Konrad noch den heutigen Anforderungen von Wissenschaft und Technik?“

0. Ausgangspunkt: Was bedeutet „Stand von Wissenschaft und Technik“?

Bei der konkreten Anwendung von Technik werden in Deutschland drei Sicherheitsniveaus unterschieden: Unterstes Niveau sind die *„Allgemein anerkannte Regeln der Technik“*. Ein mittleres Niveau stellt der *„Stand der Technik“* dar. Das höchste Sicherheitsniveau ist der *„Stand der Wissenschaft und Technik“* (W&T). Das Bundesverfassungsgericht fasst im Kalkar-Urteil (1978) zusammen: Der Maßstab des Standes der Wissenschaft und Technik *„übt einen noch stärkeren Zwang dahinaus, dass die rechtliche Regelung mit der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung Schritt hält. Es muss diejenige Vorsorge gegen Schäden getroffen werden, die nach den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen für erforderlich gehalten wird. Lässt sie sich technisch noch nicht verwirklichen, darf die Genehmigung nicht erteilt werden; die erforderliche Vorsorge wird mithin durch das technisch gegenwärtig Machbare begrenzt“*. Auch hier werden indes Restrisiken hingenommen. Es gilt zwar der *„Grundsatz der bestmöglichen Gefahrenabwehr und Risikovorsorge“*, aber es muss nicht mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen sein, dass Schadensereignisse eintreten, sondern es reicht, wenn dies *„praktisch ausgeschlossen erscheint“*. Denn – so das BVfG – technisches Risiko ist *„unentrinnbar und insofern als sozialadäquate Last von allen Bürgern zu tragen“*.

Der Stand von W&T befindet sich in einem permanenten Fortschritt. Bei Projekten mit einer langen Planungs- und Umsetzungsphase muss regelmäßig geprüft werden, ob der Stand von W&T eingehalten wird. Dem muss auch Konrad genügen, wenn man bedenkt, dass vom Beginn der Überlegungen zu Konrad im Jahre 1977 bis zur derzeit beabsichtigten Fertigstellung im Jahre 2027 insgesamt rund fünfzig Jahre vergangen sein werden.

1. Welche Fragen sind zu beantworten?

Die Beantwortung der im Titel gestellten Frage erfordert die Berücksichtigung dreier Gesichtspunkte:

- Hat Konrad die Anforderungen an den Stand von W&T zum Zeitpunkt des Erörterungstermins 1992/93 bzw. zum Zeitpunkt der Erteilung des Planfeststellungsbeschlusses im Jahre 2002 vollumfänglich erfüllt?
- Wie haben sich die Anforderungen an den Stand von W&T seit Beginn der Endlagerplanungen von Konrad (1977) bis heute entwickelt?
- Welche Anforderungen an den Stand von W&T an Endlager werden heute gestellt, und wie muss Konrad im Verhältnis dazu beurteilt werden?

Die detaillierte Beantwortung dieser Fragen erfordert einen erheblichen Aufwand und kann deshalb im Rahmen dieser Arbeit nur durch Konzentration auf wesentliche Aspekte geschehen. Damit soll der Stadt Salzgitter und dem „Bündnis gegen Schacht Konrad“ eine Handhabe zur Information und Entscheidungsfindung gegeben werden.

Unabhängig davon führt die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) seit 2017 die vom früher für Konrad zuständigen Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) eingeleitete mehrjährige „Überprüfung der sicherheitstechnischen Anforderungen des Endlagers Konrad nach dem Stand für Wissenschaft und Technik“ (ÜsiKo) durch. Erste Ergebnisse der ersten von vier möglichen Arbeitsphasen liegen nach Kriener (2018) bereits vor und sollen bis Herbst 2018 abgeschlossen sein. Das gesamte Projekt ÜsiKo könnte nach Angaben der BGE bis spätestens 2022 andauern.

2. Wurden zum Zeitpunkt des Erörterungstermins bzw. des Planfeststellungsbeschlusses die Anforderungen an W&T vollumfänglich erfüllt?

Die bereits 1983 veröffentlichten „Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk“ (BMI 1983), die zum Zeitpunkt des Erörterungstermins (1992/93) und des Planfeststellungsbeschlusses (NMU 2002) noch Gültigkeit hatten, entsprachen nach Meinung der

Gruppe Ökologie (1998) und der Reaktorsicherheitskommission (RSK 2002) in Teilen nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik.¹

Bereits bei rein formaler Betrachtung kann man aus dem Zeitvergleich den Schluss ziehen, dass die dem Erörterungstermin (1992/3), in jedem Fall aber dem Planfeststellungsbeschluss (2002) zugrunde liegenden Unterlagen mit hoher Wahrscheinlichkeit zumindest für einige Teilbereiche des Langzeitsicherheitsnachweises nicht mehr dem damaligen Stand von Wissenschaft und Technik entsprachen (z.B. Modellrechnungen zur Radionuklidausbreitung, Umgang mit Konservativitäten).

Bereits während des Erörterungstermins 1992/93 wurde bei etlichen Themenbereichen auf entsprechende Defizite der Antragsunterlagen insbesondere durch die Sachbeistände der Städte Salzgitter, Braunschweig und Wolfenbüttel aufmerksam gemacht (siehe z.B. NMU 1994, Wortprotokoll, speziell Bd. 3 u. 4 Langzeitsicherheit). Dort wurden unzureichende Sachverhalte zwischen Sachbeiständen, Antragsteller und Genehmigungsbehörde kontrovers diskutiert. Dazu gehören beispielsweise die Repräsentativität und Qualität der Datenlage, Problematik der Modellierung der Grundwasserbewegung und des Radionuklidtransports, Fragen des Grundwasseralters und seiner Herkunft sowie Fragen über den Mechanismus des tatsächlichen Schadstofftransports (Konvektion oder Diffusion). Darauf wird später (s. Kap. 4.) zurückzukommen sein. Jedenfalls zeigen bereits die fachlichen Diskussionen während des Erörterungstermins auf deutliche Defizite der vorgelegten Planunterlagen zu Konrad hin.

Fazit:

Bereits zum Zeitpunkt des Erörterungstermins (1992/3), spätestens aber zum Zeitpunkt des Planfeststellungsbeschlusses (NMU 2002) gab es erhebliche Zweifel daran, ob die Sicherheitskriterien von 1983 in wesentlichen Punkten noch dem Stand von Wissenschaft und Technik genügten. Weiterhin zeigen die Diskussionen während des Erörterungstermins (1992/93), dass zu diesem Zeitpunkt bereits Zweifel an der Erfüllung des Standes von W&T zu einzelnen Aspekten des Langzeitsicherheitsnachweises für Konrad geäußert wurden.

¹ Die Sicherheitskriterien von 1983 fordern unter Punkt 1., dass der jeweilige Stand von Wissenschaft und Technik unter Berücksichtigung des Einzelfalles zu beachten sei.

3. Wie haben sich die Anforderungen an den Stand von W&T seit Beginn der Endlagerplanungen von Konrad bis heute entwickelt?

Als die ersten Untersuchungen 1977 zu einem möglichen Endlager Konrad begannen, gab es noch keinen speziellen Kriterienkatalog oder Sicherheitsanforderungen an Endlager. In der damals gültigen Fassung der Strahlenschutzverordnung sind Grenzwerte der radiologischen Belastung für die Bevölkerung bzw. Personen, die Umgang mit entsprechenden ionisierenden Stoffen haben, festgelegt, und im Atomgesetz in der Fassung von 1976 gab es Anforderungen, die bei kerntechnischen Anlagen zu berücksichtigen waren. Insbesondere aber wurde die Endlagerung radioaktiver Abfälle durch § 9a AtG zur staatlichen Aufgabe erklärt.

Mit den „Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk“ (BMI 1983) wurde der erste Anforderungskatalog an Endlager in Deutschland vorgelegt. Damit war auch der damalige Stand von Wissenschaft und Technik bei Endlagern festgelegt (s. aber Fußnote 1., S. 2). Als Schutzziel und radiologischer Bewertungsmaßstab wurden die Grenzwerte des § 45 der damals gültigen Strahlenschutzverordnung übernommen. Danach durfte sowohl während des Einlagerungsbetriebes als auch beim Nachweis der Langzeitsicherheit durch aus dem Endlager freigesetzte Radionuklide die Individualdosis von 0,3 mSv/a nicht überschritten werden.

Darüber hinaus enthielten die Sicherheitskriterien vor allem geowissenschaftliche Anforderungen an den Standort, an die Errichtung und den Betrieb des Endlagers, an die Standorterkundung, an Sicherheitsanalysen und die Stilllegung des Endlagers. Die Forderung nach einem Auswahlverfahren für einen neuen Endlagerstandort ist den Sicherheitskriterien von 1983 nicht zu entnehmen.

Seit der Veröffentlichung der Sicherheitskriterien von 1983 wurden fortwährend die internationalen und nationalen Forschungen zur Endlagerung und zum Strahlenschutz vorangetrieben. Der daraus resultierende Fortschritt des Standes von W&T zu Endlagerfragen war bereits bis 1992/93 (Erörterungstermin) erkennbar, spätestens aber bis 2002 (Planfeststellungsbeschluss durch NMU) und 2007 (Bestätigung Planfeststellungsbeschluss durch Bundesverwaltungsgericht) offensichtlich und betraf beispielsweise Aspekte wie die Modellierung der Radionuklid Ausbreitung in Wasser und Gas samt der Bewertung der daraus potenziell resultierenden langfristigen Strahlenbelastungen, den Umgang mit Ungewissheiten, die Entwicklung des „Safety Case“ als umfassende Analyse aller Aspekte der Langzeitsicherheit (z.B. NEA 2004, 2007), die schrittweise Entwicklung eines Endlagers einschließlich seiner Standortauswahl, die Optimierung des Endlagers, die Bedeutung von Sicherheitsfunktionen und Sicherheitsnachweisen, die Integrität von Barrieren, die Weiterentwicklung geologischer Langzeitprognosen und auch die Notwendigkeit der Einbeziehung der Bevölkerung in Entscheidungen.

Diese Entwicklungen fanden sich nicht oder nur partikulär in den Planunterlagen für Konrad, und auch im Rahmen des Planfeststellungsbeschlusses von 2002 wurde von der Planfeststellungsbehörde davon abgesehen, entsprechende Forderungen an den Antragsteller zu formulieren. Da die offensichtliche Entwicklung von W&T in internationalem und nationalem Rahmen den zuständigen Behördenmitarbeitern der Planfeststellungsbehörde sicherlich nicht verborgen geblieben ist, stellt sich außerdem die Frage, warum man den eingeschlagenen Weg bei Konrad ohne Bezug auf neuere Entwicklungen von W&T seit Beginn der achtziger Jahre weiter fortsetzte und einen entsprechenden Planfeststellungsbeschluss erließ.

Im Jahre 2010 wurden dann die „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle“ veröffentlicht (BMU 2010). Sie enthalten u.a. wirtsgesteinsübergreifende Anforderungen hinsichtlich des Sicherheitskonzepts, zum schrittweisen Vorgehen bei der Entwicklung des Endlagers bis zu seinem Verschluss, seiner Optimierung, Anforderungen an die Langzeitsicherheit und Sicherheitsanalysen, an Schutzziele sowie vielen weiteren zu berücksichtigenden Aspekten.

Zu beachten ist, dass die Sicherheitsanforderungen aus BMU (2010) streng nur für stark wärmeentwickelnde („hochradioaktive“) Abfälle gelten. Zudem sind sie für ein Endlager an dem Standort, für den sich der dafür zuständige Bund entschieden hat, entwickelt worden. Dieser Standort wird durch ein Standortauswahlverfahren ermittelt (StandAG 2017). Allerdings hat die ESK (2013) bereits in einer Stellungnahme zum Endlager Morsleben festgestellt, dass grundlegende Aspekte der Sicherheitsanforderungen von BMU (2010) auch auf Endlager für Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung übertragbar sind (s.u. Kap. 4, Pkt. A).

Speziell mit Blick auf die Langzeitsicherheit sind vor allem folgende Unterschiede der Sicherheitsanforderungen (BMU 2010) zu den Sicherheitskriterien von 1983 gegeben:

- Es muss für eine Million Jahre gezeigt werden, dass keine oder nur vernachlässigbar geringe Schadstoffmengen aus dem sogenannten einschlusswirksamen Gebirgsbereich (ewG) freigesetzt werden (s. Pkt. E u. H).
- Gefordert ist ein robustes und gestaffeltes Barrierensystem. Dieses muss redundant (doppelte Sicherheitssysteme) und diversitär (unabhängige Wirkmechanismen) ausgelegt sein. Es muss seine Funktion passiv und wartungsfrei erfüllen und funktionstüchtig bleiben, selbst wenn einzelne Barrieren ihre Funktion nicht vollständig erfüllen (s. Pkt. C).
- Die Integrität der Barrieren über den erforderlichen Funktionszeitraum ist nachzuweisen (s. Pkt. G).

- Während der Betriebszeit des Endlagers muss die Rückholbarkeit der Abfälle möglich sein. In Notfällen müssen die Behälter auch 500 Jahre nach Verschluss des Endlagers geborgen werden können (s. Pkt. I).
- Gefordert wird die umfassende und systematische Identifizierung und Analyse denkbarer zukünftiger Szenarien sowie ihre Einordnung in Wahrscheinlichkeitsklassen(s. Pkt. D).
- Die Identifizierung, Charakterisierung und Modellierung sicherheitsrelevanter Prozesse und eine diesbezügliche Vertrauensbildung und Qualifizierung der Modelle.
- Die systematische Analyse gegebener Ungewissheiten sowie ihrer Bewertung und Handhabung hinsichtlich der Langzeitsicherheit des Endlagers (s. Pkt. F).
- Für die Nachverschlussphase des Endlagers ist nachzuweisen, dass durch die Freisetzung von aus den Abfällen stammenden Radionukliden für wahrscheinliche Entwicklungen des Endlagersystems nur eine zusätzliche Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung von 0,01 mSv/a auftreten darf und für weniger wahrscheinliche Entwicklungen von 0,1 mSv/a (s. Pkt. F).

Die Sicherheitsanforderungen von 2010 stellen aus Sicht der Entsorgungskommission (ESK) den derzeitigen Stand von W&T dar (ESK 2013). Derzeit ist eine Verordnung über die Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle beim BMU in Arbeit, bei der neue Erkenntnisse mit berücksichtigt werden sollen.

Insgesamt stellen die Sicherheitsanforderungen von 2010 einen erheblichen – und zur Zeit ihrer Veröffentlichung längst überfälligen – Fortschritt gegenüber den Sicherheitskriterien von 1983 dar.

4. Welche Anforderungen an den Stand von W&T an Endlager werden heute gestellt, und wie muss Konrad im Verhältnis dazu beurteilt werden?

Im Folgenden wird die Vielzahl der inhaltlichen Diskussionspunkte zu Konrad seit dem Erörterungstermin zu wesentlichen Schwerpunktaspekten zusammengefasst, um eine halbwegs übersichtliche Darstellung zu gewährleisten. Eine wesentliche Grundlage dafür ist ein Bericht der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit gGmbH (GRS 2015), der sich schwerpunktmäßig mit dem Stand von W&T bei der Führung eines Langzeitsicherheitsnachweises am Beispiel des Endlagers Konrad beschäftigt.

A. Sicherheitsanforderungen des BMU (2010) auf Konrad anwendbar?

Fazit A: Wesentliche Teile der Sicherheitsanforderungen von BMU (2010) sind auch auf Konrad anzuwenden.

Das Endlager Konrad ist alleine für die Einlagerung vernachlässigbar wärmeentwickelnder Abfälle vorgesehen. Zudem handelt es sich bei Konrad um ein altes Gewinnungsbergwerk und nicht um einen aus einem Auswahlverfahren hervorgegangenen Standort. Beide Merkmale lassen die Übertragbarkeit der Sicherheitsanforderungen von 2010, die nur für wärmentwickelnde Abfälle und ein neues Endlager entwickelt wurden, auf Konrad auf den ersten Blick bei rein formaler Betrachtung nicht zu.

Allerdings kommt die ESK (2013) in einer Stellungnahme zum Stand von W&T des Langzeitsicherheitsnachweises beim Endlager Morsleben (ERAM), auf das die beiden o.g. Merkmale von Konrad (altes Bergwerk, keine hochaktiven Abfälle) ebenfalls zutreffen, zu dem Ergebnis, dass sich aus den Sicherheitsanforderungen von 2010 keine grundsätzlich anderen Anforderungen an das Sicherheitsniveau oder an den Umfang oder die Qualität der Datenerhebung und der Nachweisführung für solche Endlager mit geringerem Inventar ergeben.

Wenn man dieser Erkenntnis der ESK zustimmt, dann muss sie auch für ein noch (lange) nicht in Betrieb befindliches, aber genehmigtes Endlager wie Konrad zutreffen. Ansonsten würde man aus rein formalen Gründen des materiellen Gültigkeitsbereichs der Sicherheitsanforderungen verschiedene (vermeidbare) Sicherheitsniveaus bei Endlagern in Kauf nehmen. Aus diesem Grund legen wir hier die auf Konrad zutreffenden Aspekte der Sicherheitsanforderungen von 2010 als Beurteilungsmaßstab an.

B. Sicherheitskonzept und Nachweiskonzept

Fazit B: Dem Nachweis der Langzeitsicherheit bei Konrad liegt kein planmäßiges Vorgehen im Rahmen eines Sicherheits- und Nachweiskonzept zugrunde, wie es heute nach Stand von W&T gefordert wird. Gleiches gilt für den Safety Case. Insgesamt liegen hier also nach heutigem Stand von W&T Lücken bei der Nachweisführung für Konrad vor.

Beispiele dafür sind das Fehlen einer nachvollziehbaren Szenarienanalyse (s. dazu D) auf Basis systematischer Analyseverfahren (GRS 2015), eine umfassende Integritätsanalyse des Wirtsgesteins, vor allem aber der das Wirtsgestein über- bzw. unterlagernden Tongesteinsinformationen und der

geotechnischer Abdichtungsbauwerke (s. dazu G), die radiologische Konsequenzenanalyse allein auf Basis von konservativen Vorgaben (s. dazu E) oder der Umgang mit Ungewissheiten (s. dazu F). Im Planfeststellungsbeschluss (NMU 2002) taucht übrigens der Begriff „Sicherheitsfunktion“ bezeichnenderweise nicht auf.

Im Planfeststellungsbeschluss Konrad (NMU 2002) kommen übrigens die Begriffe Sicherheits- und Nachweiskonzept nicht vor; insofern haben beide Begriffe zum damaligen Zeitpunkt sowohl formal als auch inhaltlich offensichtlich keine Bedeutung gehabt. GRS (2015: S. 33) gesteht Konrad dennoch ein **Sicherheitskonzept** zu. Danach soll die Sicherheitswirkung (Einschlusswirkung) *„... weniger von der Einschlusswirkung des Wirtsgesteins in unmittelbarer Umgebung des Endlagers ausgehen), sondern wird durch die geringe hydraulische Leitfähigkeit der Tonsteinserien ... gebildet...“*.

Diese Sichtweise lässt einen wesentlichen Aspekt außer Acht: Die Tonsteinserien des Jura und der Unterkreide umschließen zwar den Wirtsgesteinshorizont (Korallenoolith) bei Konrad, treten aber gemeinsam mit diesem rund 45 km nordöstlich des Endlagers bei Calberlah an die Oberfläche (bzw. in oberflächennahe Grundwasserleiter – vgl. Abb. 1 unter Pkt. A). Das bedeutet: Eine den Einlagerungshorizont vollständig umfassende sehr gering durchlässige Gesteinsserie ist dort nicht vorhanden. Bei Calberlah fehlt die tonige Überlagerung des Einlagerungshorizonts, so dass mit Radionukliden kontaminiertes Grundwasser problemlos in das oberflächennahe Grundwasser (und damit in die Biosphäre) übergehen kann. Das Endlager Konrad stellt also ein hydraulisch offenes System dar.

GRS (2015) weist weiterhin dem Konrad ein zugehöriges **Nachweiskonzept** zu. Danach beruht das Nachweiskonzept für Konrad im Wesentlichen auf den Modellrechnungen zu den radiologischen Konsequenzen infolge des Transports freigesetzter Radionuklide.

Diese Sichtweise der GRS ist nicht nachzuvollziehen. Denn Aufgabe des Nachweiskonzeptes ist es, die zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit (vorgegeben durch das Sicherheitskonzeptes) notwendigen Anforderungen an die Barrieren detailliert zu beschreiben und ihre Erfüllung im Einzelnen nachzuweisen. Diese Kernaufgabe des Nachweiskonzeptes ist allein schon deshalb nicht erfüllt, weil die zwingende Voraussetzung dafür, nämlich ein gegebenes Sicherheitskonzept, bei Konrad fehlt.

Weiterhin wird von GRS (2015) behauptet, der Nachweis der Langzeitsicherheit Konrad enthalte die wesentlichen Informationen, die ein „Safety Case“ erfordere (s. dazu Kap. 3.). Diese Aussage ist gleichfalls nicht nachvollziehbar. Vielmehr bedarf es dazu der Gesamtheit aller geowissenschaftlichen und sonstigen relevanten Informationen (Daten, Analysen, Prognosen), die zu Konrad vorliegen. Dies ist bis heute nicht der Fall (s. dazu C.).

Im Verfahren Konrad gab es vielmehr von Beginn an keinen Ansatz, der den heutigen Anforderungen an ein Sicherheits- und Nachweiskonzept entspricht. Der Gebrauch geowissenschaftlicher Daten, wie er auch bei Konrad vorgenommen wurde, ist selbstverständlich. Er stellt aber alleine kein Merkmal für einen systematisch aufgebauten Safety Case dar. Richtig ist, dass einzelne Bausteine, die zum Safety Case gehören, auch bei Konrad erarbeitet oder angedacht worden sind. Das ist aber kein systematisches und folgerichtiges Vorgehen in Richtung der Vertrauensbildung in den Langzeitsicherheitsnachweis, wie es für den Safety Case gefordert wird.

C. Datenlage - Standortbeschreibung

Fazit C: Die Datenlage zur Standortbeschreibung Konrad ist unzureichend. Es fehlt ein Untersuchungsprogramm, mit dem man systematisch und zielgerichtet die Daten hätte erheben müssen, die man für den Langzeitsicherheitsnachweis benötigt. Die notwendigen Repräsentativität und Qualität der Daten sind offensichtlich nur von untergeordneter Bedeutung gewesen. Die bei Konrad vorgenommene Art und Weise der Datenbeschaffung entspricht – mit Ausnahme der wenigen neueren Untersuchungen - nicht dem heutigen Stand von W&T.

Der Ausgangspunkt aller weitergehenden Überlegungen zur Langzeitsicherheit eines Endlagers muss auf einer genügend großen Sammlung geowissenschaftlicher Daten beruhen. Diese Daten müssen sowohl repräsentativ sein als auch in ihrer Qualität gesichert sein. Nur wenn diese beiden Bedingungen erfüllt sind und zugleich ein nachvollziehbares Untersuchungsprogramm vorliegt, kann eine Datengrundlage geschaffen werden, auf der alle weitergehenden Überlegungen aufbauen können.

Bei Konrad liegt eine Vielzahl von Daten vor, die v.a. aus früheren Explorationsbohrungen in der näheren Umgebung von Konrad sowie dem alten Bergwerk selbst stammen. Diese Vielzahl von Daten wurde immer als eine Stärke des Projektes Konrad betont. Allerdings stellt sich die Frage nach Repräsentativität und Qualität vieler Daten. Die Repräsentativität mag für bestimmte geologische Schichtglieder in der näheren Umgebung von Konrad gegeben sein, es ist aber zu bezweifeln, ob z.B. unterhalb des Erzhorizontes liegende Schichten ausreichend untersucht worden sind. Zudem sind erhebliche Zweifel an der Qualität der Daten angebracht, die teilweise jahrzehntealt sind. Insbesondere die tiefen Explorationsbohrungen hatten den Zweck, Lagestätten zu erkunden und gerade nicht das spezielle Ziel, Daten für die Errichtung ein Endlagers zu gewinnen. Im Übrigen ist die Datendichte im südlichsten Teil sowie im nördlichen Bereich des Modellgebietes sehr viel geringer als im Umfeld von Konrad.

An relativ neueren Daten (gewonnen in den Jahren kurz vor dem Erörterungstermin 1992/93) liegen im Wesentlichen nur die Erkenntnisse aus der Untersuchungsbohrung K 101 vor, Daten aus der Grube selbst sowie aus dem Bereich der Schächte, reflexionsseismische Messungen in der engeren Umgebung des Grubengebäudes sowie verschiedene Isotopenuntersuchungen im näheren Grubenbereich. Diese endlagerspezifischen Untersuchungen, denen eine ausreichende Qualität zugeschrieben werden kann, stellen jedoch nur einen kleinen Anteil an der Gesamtmenge verfügbarer (älterer und endlagerunspezifischer) Daten dar.

Speziell in dem rund 660 km² großen sich Südsüdwest-Nordnordost erstreckenden Modellgebiet Konrad (s. Abb. 1, Punkt H) sind die Daten sehr ungleich verteilt. Die weit überwiegende Menge der Daten stammt aus der näheren Umgebung des Erzgewinnungsbergwerks Konrad. Im großen nördlichen Teil des Modellgebietes und an seinem Südrand ist die Datenlage deutlich schlechter. Zudem sind große Anteile der Daten alt und nicht qualifiziert, und ihre Repräsentativität für das gesamte Modellgebiet ist nicht gegeben. Die wenigen neueren Untersuchungen können dieses Manko nicht beheben. Das auf dieser unzureichenden Datenbasis abgeleitete hydrogeologische Konzeptmodell, das die Grundlage für die numerischen Modellrechnungen des Radionuklidtransportes darstellt, wirft allein deshalb bereits Zweifel hinsichtlich seiner Realitätsnähe auf.

D. Langzeitprognose - Szenarienanalyse

Fazit D: Der heutige Stand von W&T bei der systematischen Entwicklung von zukünftigen Szenarien wird von Konrad nicht erfüllt.

Eine Prognose der geologischen Langzeitentwicklung im Bereich des Endlagerstandortes über einen Zeitraum von rund 1 Mio. Jahre ist eine wesentliche Voraussetzung um abzuschätzen, welchen möglichen Einwirkungen das Endlager zukünftig ausgesetzt sein kann. Dabei wird die umfassende und systematische Identifizierung und Analyse denkbarer zukünftiger Szenarien (Entwicklungen) sowie ihre Einordnung in Wahrscheinlichkeitsklassen benötigt. Diese Szenarien sind u.a. eine Grundlage für Modellrechnungen zur Ausbreitung von Radionukliden.

Bei Konrad wurde bei der Prognose der Standortentwicklung hingegen keine systematische und auf FEP (Merkmale, Ereignisse, Prozesse) basierende Szenarienanalyse durchgeführt. Diese ist jedoch nach heutigem Stand von W&T notwendig. Auch GRS (2015) sieht diese Lücke bei Konrad.

Zudem ist die heute geforderte Einteilung denkbarer verschiedener Standortentwicklungen bzw. Szenarien in Wahrscheinlichkeitsklassen (wahrscheinliche Entwicklungen, unwahrscheinliche bzw.

gering wahrscheinliche Entwicklungen) bei Konrad nicht vorgenommen worden. Von der Wahrscheinlichkeitsklasse hängt aber die Höhe der zulässigen radiologischen Belastung ab (s. Punkt J).

E. Modellrechnungen - Konsequenzenanalyse (Transport von Radionukliden in die Biosphäre)

Fazit E: Sowohl Antragsteller als auch Genehmigungsbehörde sind bis heute nicht willens, den tatsächlich wirkenden Ausbreitungsmechanismus für Radionuklide bei Konrad für das gesamte Modellgebiet zu ermitteln. Stattdessen beharren sie auf den Ergebnissen von Süßwasserrechnungen und gehen ohne quantitativen Nachweis davon aus, dass die Ergebnisse der Rechnungen konservativ sind. Diese Vorgehensweise entspricht nicht dem heutigen (und nicht dem damaligen - 2002) Stand von W&T.

In der radiologischen Konsequenzenanalyse wird der Transport von aus dem Endlager ins Grundwasser freigesetzten Radionukliden simuliert (Modellrechnung) und die daraus resultierende radiologische Belastung des Menschen wird errechnet (s. Abb. 1 in Punkt H). Grundlage der Konsequenzenanalyse ist ein konzeptuelles Modell der im Modellgebiet gegebenen hydrogeologischen Verhältnisse. Bei Konrad erfolgt die Modellierung mit einem Süßwassermodell, da man damals noch nicht in der Lage war, ein komplexes hydrogeologisches Modell mit salinitätsabhängigen Wasserdichten zu modellieren. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass in einigen hunderttausend Jahren radiologische Belastungen möglich sind, die aber alle unterhalb der (damaligen) Grenzwerte liegen.

Man geht im Falle Konrad davon aus, dass die errechneten Ergebnisse konservativ sind, weil am Standort Konrad die Tiefenwässer versalzen sind und sie sich dadurch in der Realität langsamer bewegen würden als das Süßwasser (konservative Vorgehensweise, d.h. die Ergebnisse sollen schlechter sein als in der Realität).

Diese Darstellung war bereits beim Erörterungstermin stark umstritten und ist es heute noch. Abgesehen davon, dass das konzeptuelle hydrogeologische Modell wegen der kritisierten Datenlage (s. E) angreifbar ist, fehlt der Nachweis, dass die errechneten Konsequenzen tatsächlich konservativ sind. Tatsächlich bewegen sich saline Tiefenwässer – und damit auch die damit transportierten Radionuklide - langsamer als Süßwasser in einer gegebenen hydrogeologischen Situation.

Dies ist allerdings für die angeführte Behauptung zu beweisen. Zu diesem Zweck wurde vom Antragsteller versucht, für das Modellgebiet eine saline Dichteschichtung anzuführen, d.h. je tiefer man kommt, umso salzhaltiger wird das Grundwasser. Diese Aussage ist jedoch nur belegt für das

alte Grubengebäude und seine unmittelbare Umgebung. Die zum Führen dieses Beweises notwendigen Daten für das gesamte Modellgebiet und alle relevanten (hydro-)geologischen Schichtglieder stehen bis heute noch aus (s. dazu NMU 1994, Bd. 4, S.34-48 u. 34-49). Dieser Aspekt ist ebenfalls in GRS (2015, S. 74) aufgegriffen worden. Dort wird angemerkt, dass dieses vom Antragsteller vorgebrachte qualitative Argument noch nicht quantitativ nachgewiesen ist. Weiterentwickelte Rechencodes seien dazu allerdings in der Lage.

Interessant ist die Meinung der Planfeststellungsbehörde zum Transportmechanismus (NMU 2002, S. B II-38): „Aufgrund der Hinweise über eine lineare Zunahme der Salinität (Dichte) des Grundwassers mit der Tiefe wird vom Antragsteller ein konvektiver Grundwassertransport im Tiefenwasser des Untersuchungsgebietes weitgehend ausgeschlossen und die Diffusion als dominierender Transportmechanismus für den Lösungsinhalt der Wässer vermutet“. Die Genehmigungsbehörde gibt sich also mit Annahmen und Vermutungen des Antragstellers zufrieden.

Die hohen Grundwasseralter (um 20 Mio. Jahre), die man im Bereich des Wirtsgesteins (Korallenoolith) nachgewiesen hat, lassen noch einen anderen Aspekt aufscheinen: Sind sich Antragsteller und Planfeststellungsbehörde überhaupt im Klaren darüber, welcher Transportmechanismus bei Konrad wirkt? Einerseits rechnet man mit Süßwasser, weist aber gleichzeitig darauf hin, dass in der Realität Salzwasser vorhanden sei, woraus man dann wiederum eine Konservativität der Süßwasserergebnisse ableitet, deren Nachweis für das gesamte Modellgebiet aber aussteht.

NMU (2002) sieht als wahrscheinlichsten Transportmechanismus für die Inhaltsstoffe der Grundwässer die Diffusion gelöster Salze von konzentrierten evaporitischen Restlösungen aus tief liegenden Sedimenten. Der Vermutung, dass Diffusion der herrschende Ausbreitungsmechanismus für Radionuklide ist, hätte man nachgehen sollen um mit einem zielgerichteten Mess- und Analyseprogramm belegen (oder widerlegen) zu können, dass im gesamten Modellgebiet entsprechende Verhältnisse herrschen. Solange dies nicht geklärt wird, bleibt unklar, welcher Ausbreitungsmechanismus im Modellgebiet herrscht.

F. Ungewissheiten

Fazit F: Die Durchführung deterministischer Analysen in Verbindung mit probabilistischen Ungewissheits- und Sensitivitätsanalysen sind heute Stand von W&T (GRS 2015). Solche Analysen hat der Antragsteller nicht vorgelegt, und die Genehmigungsbehörde hat dies mit Verweis auf die Konservativität der Radionuklidtransportzeiten gebilligt (s. dazu auch Punkt E).

Die Analyse von immer vorhandenen Ungewissheiten (z.B. von Standortgrößen, Funktionszusammenhängen, Szenarien) ist heute ein unabdingbares Element des Langzeitsicherheitsnachweises. Ungewissheiten müssen erkannt und soweit als möglich abgebaut werden. Ist das nicht möglich, müssen sie vermieden oder reduziert werden. Ihr Einfluss auf die Ergebnisse - v.a. von Modellierungen – müssen abgeschätzt werden.

Im Planfeststellungsbeschluss von 2002 finden sich nur wenige Hinweise auf Ungewissheiten. Diese weisen jedoch nicht auf eine systematische Umgangsweise mit ihnen hin. Es wurden zwar Parametervariationen einzelner Größen wie Sorption, Durchlässigkeit u.ä. vorgenommen, und es werden auch verschiedene Prozessabläufe (Szenarien) deterministisch berechnet. Dies ist aber nicht ausreichend, weil der Nachweis der Konservativitäten eingesetzter Parameter oder Szenarien auf diese Weise kaum zu erbringen ist. Vor allem bei der sinnvollen Interpretation der ermittelten Ergebnisse sind probabilistische Ungewissheits- und Sensitivitätsanalysen von großer Bedeutung (GRS 2015). Auf eine solche Anwendung probabilistischer Methoden hat der Antragsteller mit Verweise auf den fehlenden Stand von W&T laut NMU (2002: s. C.II.2.1.2.9-3) verzichtet. NMU (2002) wiederum sieht keine Bewertungsmaßstäbe für probabilistische Analysen in Deutschland. Die diesbezüglichen Aussagen von NMU (2002) sind nicht nachvollziehbar und in sich widersprüchlich.

G. Integritätsanalysen

Fazit G: Beim heutigen Stand von W&T sind räumlich umfassendere und detailliertere Untersuchungen zur Integrität des Gebirges bzw. der Barrieren erforderlich. Der Hinweis auf die langen Transportzeiten dürfte heute nicht mehr genügen, um auf detaillierte Integritätsuntersuchungen zu verzichten.

Der Nachweis der Integrität des Gebirges um ein Endlager oder von technischen Verschlussmaßnahmen (z.B. Schachtabdichtungen) hat in den vergangenen Jahren hinsichtlich der Methodik (Integritätsanalysen) und der Werkzeuge (Berechnungsprogramme) stark an Bedeutung gewonnen (GRS 2015). Ziel der Integritätsanalysen von Wirtsgesteinen besteht darin zu zeigen, dass das Gebirge die erwarteten Eigenschaften (z.B. Durchlässigkeit, Festigkeit) aufweist auch unter Berücksichtigung von angreifenden Kräften.

Bei Konrad wurden Untersuchungen in Form gebirgsmechanischer Analysen auf die Standfestigkeit des Grubengebäudes begrenzt. Dabei wurde das Wirtsgestein (Korallenoolioth) untersucht und ver-

einzelte Bereiche des Deckgebirges. Da der Korallenoolith zwar als Wirtsgestein dient, die Barrierenwirkung jedoch vor allem von überlagernden Tongesteinsschichten herrührt, hat man sich entsprechend räumlich beschränkt. Da die (Langzeit-)Sicherheitswirkung des Endlagers nach Meinung von Antragstellerin und Planfeststellungsbehörde im Wesentlichen auf den modellierten langen Transportzeiten beruhen soll, hat man sich mit Verweis darauf begnügt.

H. Einschlusswirksamer Gebirgsbereich (ewG)

Fazit H: Die heute gestellten Anforderungen nach einem ewG sind bei Konrad nicht erfüllt, da eine allseitige wirksame Abdichtung des durchlässigen Wirtsgesteins nicht gegeben ist.

Für ein Endlager, dessen Langzeitsicherheit ganz wesentlich von der oder den geologischen Barrieren abhängt, wird nach heutigem Stand von W&T ein „einschlusswirksamer Gebirgsbereich“ (ewG) definiert, der den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle im Endlager gewährleistet. Der ewG ist definiert als *„der Teil eines Gebirges, der bei Endlagersystemen, die wesentlich auf geologischen Barrieren beruhen, im Zusammenwirken mit den technischen und geotechnischen Verschlüssen den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle in einem Endlager gewährleisten“* (StandAG 2017).

Der Begriff des ewG ist der zentrale Bestandteil der Langzeitsicherheit für wesentlich auf geologischen Barrieren beruhenden Endlagersystemen. Er wurde vom Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd 2002) entwickelt und hat Eingang gefunden in die Sicherheitsanforderungen des BMU (2010) und das Standortauswahlgesetz (StandAG 2017). Mit dem ewG wird der Gesichtspunkt der langfristigen Isolation der radioaktiven Abfälle für 1 Mio. Jahre durch die geologischen Barrieren betont (Radionuklide sollen beim „vollständigen Einschluss“ den Außenrand des ewG nicht und beim „sicheren Einschluss“ nur in geringfügigen Mengen überschreiten). Damit verbunden ist also eine grundsätzliche Neuorientierung bei der Endlagerung hin zum Einschluss der Abfälle und weg von der Inkaufnahme der Ausbreitung von Radionukliden in Geo- und Biosphäre, soweit sie die radiologischen Grenzwerte nicht überschreiten.

Die Frage nach der formalen Anforderung nach einem ewG bei dem Endlager Konrad ist in Analogie zu ESK (2013) mit Ja zu beantworten (vgl. auch Punkt A). Schaut man sich die geologische Situation von Konrad an, erkennt man, dass das Wirtsgestein zwar nach oben durch Tonstein abgedichtet wird, nach Nordnordosten im Bereich der Allerniederung aber nur noch von quartärzeitlichen Ablagerungen überdeckt wird (s. Abb. 1).

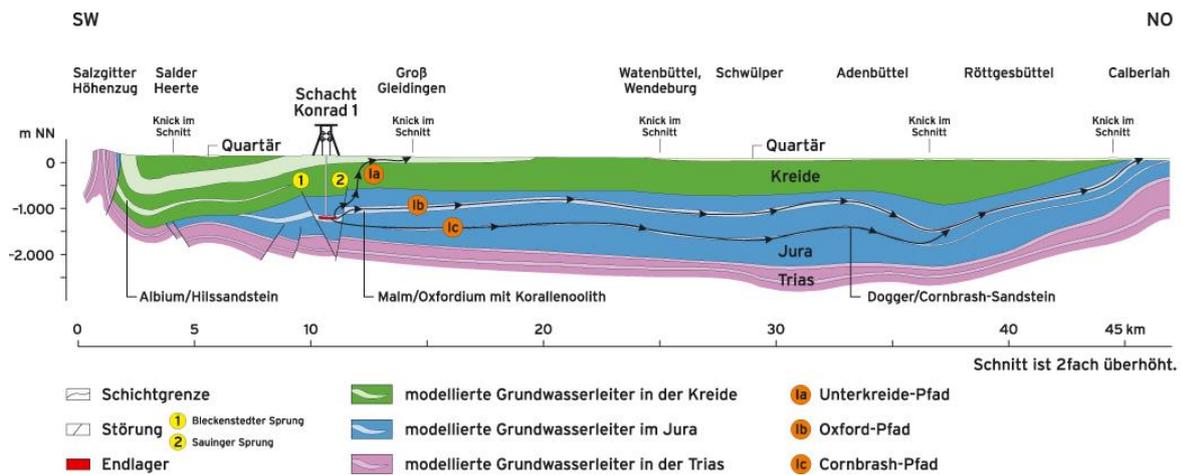


Abb. 1: Geologischer Schnitt durch das Modellgebiet Konrad. Die dünne weiße Schicht innerhalb der blauen Schicht (Jura) stellt das Wirtsgestein dar. Die direkte Verbindung zur Biosphäre im NNE bei Calberlah ist offensichtlich. (Quelle: www.endlager-konrad.de)

Abb. 1 zeigt also, dass eine allseitige wirksame Abdichtung des durchlässigen Wirtsgesteins nicht gegeben ist und damit die Anforderung nach einem ewG nicht erfüllt ist.

I. Rückholbarkeit, Reversibilität

Fazit I: Dieser Aspekt ist vorrangig juristisch zu betrachten. Allerdings sind Rückholbarkeit und Reversibilität bei der Endlagerdiskussion in internationalem Rahmen von wachsender Bedeutung, insbesondere auch wegen der Hoffnung auf Akzeptanz- und Vertrauensgewinn.

In den Sicherheitsanforderungen (BMU 2010) und in StandAG (2017) wird für Endlager für stark wärmeentwickelnde Abfälle gefordert, dass die Abfälle während der Betriebsphase des Endlagers rückholbar sein sollen und darüber hinaus für 500 Jahre bergbar sein sollen (Bergbarkeit als ungeplantes Herausholen von Abfällen). Wie man am Beispiel des havarierten Endlagers Asse sehen kann, kann eine entsprechende Situation mit Sicherheit nicht ausgeschlossen werden.

Rückholbarkeit und Reversibilität (schrittweise und flexible Entwicklung des Endlagers mit Möglichkeit der Rückabwicklung einzelner Schritte) haben im internationalen Rahmen in den vergangenen Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Nicht zuletzt verspricht man sich davon eine höhere Akzeptanz des Vorhabens. Dies gilt natürlich auch für Endlager mit einem beabsichtigten Inventar wie Konrad.

Inwieweit die Rückholbarkeit und Bergbarkeit im Falle Konrad von Bedeutung sein können, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden.

J. Grenzwerte der radiologischen Belastung

Fazit J: Der bei Konrad angelegte radiologische Bewertungsmaßstab entspricht nicht mehr dem heutigen Stand von W&T. Vielmehr müssen die heute gültige Dosisschutzziele als Bewertungsmaßstäbe angelegt werden, wobei diese nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens maßgeblicher Szenarien anzuwenden sind.

Bei Konrad wurde als radiologischer Bewertungsmaßstab die Individualdosis von 0,3 mSv/a über den gesamten betrachteten Zeitraum der Nachbetriebsphase (1 Mio. Jahre) zu Grunde gelegt. Dieser Wert gilt unabhängig von den betrachteten Szenarien.

Dieser Bewertungsmaßstab entspricht nicht mehr dem heutigen Stand von W&T. Nach BMU (2010) und ESK (2013) werden Dosisschutzziele von 0,1 mSv/a für wahrscheinliche Szenarien und 1.0 mSv/a für weniger wahrscheinliche Szenarien gefordert. Diese szenarienabhängigen Schutzziele sind bei Konrad ebenfalls anzuwenden. Dazu ist es aber erforderlich, eine systematische und dem heutigen Stand von W&T entsprechende Szenarienanalyse bei Konrad vorzunehmen, um wahrscheinliche und weniger wahrscheinliche Szenarien bzw. Entwicklungen ableiten zu können.

5. Quellen

AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte: Auswahlverfahren für Endlagerstandorte. Empfehlungen des AkEnd.- Dezember 2002

BMI - Bundesministerium des Inneren (1983): Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk.- Bundesanzeiger, Jg.35, Nr. 2 v. 05.01.1983, S. 45 – 46, Bonn.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle.- Stand 30. September 2010, Bonn.

ESK – Entsorgungskommission (2013): Stellungnahme der Entsorgungskommission zum Langzeitsicherheitsnachweis für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM).- 31. Januar 2013, Bonn.

GRS - Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit gGmbH (2015):Entwicklung des Standes von W&T bei der Führung eines Langzeitsicherheitsnachweises für Endlager an den Beispielen

- VSG und Konrad.- Bericht GRS-384, 109 S., Autoren: Larue, Jürgen, Fischer-Appelt, Klaus u. Hartwig-Thurat, Eva; September 2015, Köln.
- Gruppe Ökologie e.V. (1998): Analyse der Entsorgungssituation in der Bundesrepublik Deutschland und Ableitung von Handlungsoptionen unter der Prämisse des Ausstiegs aus der Atomenergie.- Studie im Auftrag der Heinrich Böll Stiftung, 273 S.,- Hannover, August 1998.
- Kalkar-Urteil (1978): Urteil des Bundesverfassungsgericht vom 08.08.1978 - BVerfG, Bd. 49, S. 89ff.
- NEA – Nuclear Energy Agency (2004): Post-closure Safety Case for Geological Repositories – Nature and purpose.- NEA No. 3679, OECD 2004.
- NEA – Nuclear Energy Agency (2007): Safety Cases for Deep Geological Disposal of Radioactive Waste: Where Do We Stand?.- Symp. Proceedings, 23. – 25. January 2007, Paris, France, NEA No. 6319, OECD/NEA Paris 2007.
- Kriener, M. (2018): ÜSiKo statt Risiko. Was sich hinter der erneuten Sicherheitsüberprüfung des Endlagers Konrad verbirgt.- In: Konrad Einblicke: Fertigstellung 2017 – was passiert nun?, S. 10-11.- Bundesgesellschaft für Endlagerung, Peine, 2018.
- NMU – Niedersächsisches Umweltministerium (1994): Planfeststellungsverfahren für die Errichtung und den Betrieb der Schachanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle.- Erörterungstermin vom 25.9.1992 bis 6.3.1993 in Salzgitter-Lebenstedt und Vechelde-Wedlenstedt, Wortprotokoll, Bd. 3 und Bd. 4 (Langzeitsicherheit).- Hannover, Juni 1994.
- NMU – Niedersächsisches Umweltministerium (2002): Planfeststellungsbeschluss für die Errichtung und den Betrieb des Bergwerkes Konrad in Salzgitter als Anlage zur Endlagerung fester oder verfestigter radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung vom 22. Mai 2002
- RSK/SSK – Reaktor-Sicherheitskommission/Strahlenschutzkommission (2002): Gemeinsame Stellungnahme der RSK und der SSK betreffend BMU-Fragen zur Fortschreibung der Endlager-Sicherheitskriterien.- Dezember 2012.
- StandAG (2017): Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – StandAG),- BGBl. I Nr. 26, S. 1074, vom 04. Mai 2017.