

Einfluss der Abfallmengen auf das Auswahlverfahren für Endlagerstandorte

1. Einleitung

Beim ersten Workshop des AkEnd am 15. und 16. September 2000 in Kassel wurde von einem Teilnehmer die Frage gestellt, ob die endzulagernden Abfallmengen einen wesentlichen Einfluss auf das Auswahlverfahren für Endlagerstandorte haben könnten. Beim zweiten Workshop am 28. und 29. September 2001 in Mörfelden wurde diese Frage erneut aufgeworfen. Die vorliegende Ausarbeitung versucht eine Antwort auf diese Frage bzw. auf einige damit zusammenhängende Teilaspekte zu geben.

2. Szenarien

Zur Beantwortung der Frage, ob das Auswahlverfahren für Endlagerstandorte von einem langsamen oder schnellen Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie abhängen könnte, wurden folgende Szenarien definiert:

- Szenario 1: Abschaltung aller Kernkraftwerke im Jahre 2000
- Szenario 2: Abschaltung aller Kernkraftwerke bis 2010
- Szenario 3: Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie entsprechend der Vereinbarung vom 14. Juni 2000.

In der vorliegenden Ausarbeitung werden für diese drei Szenarien das Aufkommen an radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und das Aufkommen an wärmeentwickelnden Abfälle ermittelt und die zur Endlagerung dieser Abfallmengen benötigten Endlagerflächen für unterschiedliche Gesteinsformationen grob abgeschätzt.

3. Anfall an Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Die folgende Tabelle gibt Auskunft über den Bestand (Ende 2000) und den Anfall an radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung bis 2040 in Abhängigkeit von den drei betrachteten Szenarien. Die Mengen beinhalten Betriebs- und Stilllegungsabfälle. Das Jahr 2040 wurde gewählt, da zu erwarten ist, dass bis dahin alle Kernkraftwerke zurückgebaut sind.

	Bestand Ende 2000	Anfall bis 2040 ¹⁾		
		Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
EVU	23.000	161.000	173.000	195.000
Öffentliche Hand	53.000	102.000	102.000	102.000
Summe	76.000	263.000	273.000	297.000

¹⁾ incl. Bestand Ende 2000

Tabelle 1: Bestand und Anfall bis 2040 an Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung /m³/

Die der öffentlichen Hand zuzuordnenden Abfallmengen werden von den Ausstiegsszenarien nicht tangiert. Bei den den EVUs zuzuordnenden Abfallmengen erkennt man aufgrund des geringen Anstiegs bei den drei Szenarien, dass die Betriebsabfälle der Kernkraftwerke eine untergeordnete Rolle spielen. Es dominieren dort in erster Linie die Stilllegungsabfälle.

Resümee: Die Mengen an Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung variieren bei schnellem oder langsamem Ausstieg aus der Kernenergie in der Größenordnung von 10 %. Die der öffentlichen Hand zuzuordnenden Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung bleiben von den Ausstiegsszenarien unberührt.

4. Anfall an (stark) wärmeentwickelnden Abfällen

Die folgende Aufstellung gibt näherungsweise den Anfall an stark wärmeentwickelnden Abfällen in Abhängigkeit von den drei betrachteten Szenarien wieder, wobei vereinfachend vorausgesetzt wurde, dass die nach dem Jahr 2000 anfallenden Brennelemente nur noch direkt endgelagert werden. Die wärmeerzeugenden mittlerradioaktiven Abfälle spielen in diesem Zusammenhang eine untergeordnete Rolle, da für die thermische Auslegung des Endlagers in erster Linie der verglaste HAW und die direkt endzulagernden abgebrannten Brennelemente ausschlaggebend sind.

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Stück HAW-Kokillen	4.648	4.648	4.648
Mg LWR-BE	2.700	5.800	8.900

Tabelle 2: Anfall an stark wärmeentwickelnden Abfällen

Mit diesen stark wärmeentwickelnden Abfällen werden bei 30 bis 40 Jahren Zwischenlagerzeit größenordnungsmäßig die folgenden Wärmemengen in ein Endlager eingebracht:

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
HAW	3.250	3.250	3.250
LWR-BE	3.250	7.000	10.750
Summe	6.500	10.250	14.000

Tabelle 3: In ein Endlager einzubringende Wärmemenge /kW/

Resümee: Die in ein Endlager einzubringende Wärmemenge variiert bei schnellem oder langsamem Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie etwa um den Faktor 2. Diese Aussage steht in Einklang mit der Tatsache, dass die bis zum 31.12.1999 in den 20 deutschen Kernkraftwerken produzierte Strommenge von 2.670 TWh etwa gleich groß ist wie die zwischen Bundesregierung und EVUs vertraglich vereinbarte Reststrommenge von 2.623 TWh /1/.

5. Abschätzung des Flächenbedarfs für stark wärmeentwickelnde Abfälle

Im Rahmen der GEISHA-Studie /2/ wurden thermische Auslegungsrechnungen für ein Endlager mit wärmeentwickelnden Abfällen in einer Salzformation (Streckenlagerung, Auslegungstemperatur 200 °C) und einer Hartgesteinsformation (Bohrlochlagerung, Auslegungstemperatur 100 °C für den Bentonit) durchgeführt. Aus den Angaben zum Platzbedarf im Endlager /2, S. 5-5/ lassen sich unter Zuhilfenahme von Abklingkurven für abgebrannte Brennelemente näherungsweise die folgenden maximalen thermischen Belastungen zur Einhaltung des Temperaturlimits von 200 °C bzw. 100 °C für die unterschiedlichen Gesteinsformationen ableiten. Die Tatsache, dass es sich dabei einmal um eine Streckenlagerung und zum anderen um eine Bohrlochlagerung handelt, wird als nachrangig eingeschätzt, da es sich bei den Bohrlöchern im Hartgestein um relativ kurze Bohrlöcher (Bohrlochtiefe 8,3 m) handelt.

Salz	ca. 360 bis 400 kW/ha
Hartgestein, Granit	ca. 45 kW/ha

Der Unterschied in der thermischen Belastung für Salz und Hartgestein/Granit um den Faktor 8 bis 9 steht in Einklang mit der Tatsache, dass die Aufheizspanne in Salz (40 °C $\Rightarrow$ 200 °C) etwa um den Faktor 3 höher ist als in Granit (40 °C $\Rightarrow$ 100 °C) und sich die Wärmeleitfähigkeiten von Salz und Granit etwa um den Faktor 2 (Salz gegenüber Ton sogar Faktor 3) /3/ unterscheidet.

Da auch in einer Tonformation ein Temperaturlimit von ca. 100 °C einzuhalten sein dürfte, wird angenommen, dass die für Granit ermittelte maximale Wärmebelastung von ca. 45 kW/ha näherungsweise auch für eine Tonformation gilt. Damit lassen sich in Abhängigkeit von den gewählten Szenarien die folgenden theoretischen Endlagerflächen für die einzelnen Wirtsgesteine herleiten:

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Salz	0,2	0,3	0,4
Granit, Ton	1,5	2,3	3,1

Tabelle 4: Für stark wärmeentwickelnde Abfälle benötigte theoretische (idealisierte) Endlagerfläche /km²/

Bei diesen Angaben ist zu beachten, dass es sich hierbei vom Ansatz her um ein unendlich ausgedehntes Einlagerungsfeld handelt. Bei realer Endlagerplanung liegt die tatsächlich benötigte Endlagerfläche erfahrungsgemäß um den Faktor 1,5 bis 2,0 höher, da aufgrund der geologischen Verhältnisse und der betrieblichen Abläufe grundsätzlich mehrere Einlage-

rungsfelder aufgefahren werden müssen. Darauf wird u.a. im nächsten Abschnitt eingegangen.

6. Abschätzung des gesamten Flächenbedarfs für ein Endlager

Die DBE hat in den Jahren 1997/98 im Auftrag des BfS eine aktualisierte Gorleben Planung vorgenommen. Der Planung lag für den Referenzfall folgendes Mengengerüst an stark wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen und Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung zugrunde:

3.500 Stück HAW-Kokillen
19.000 Mg LWR-BE
420.000 m³ Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung

Der Wärmeeintrag in das Endlager durch die stark wärmeentwickelnden Abfälle liegt in der Größenordnung von etwa 25.000 kW.

Für diese Abfallmengen wurden einschließlich der wärmeentwickelnden mittelradioaktiven Abfälle näherungsweise die folgenden Endlagerflächen rechnerisch und planerisch ermittelt:

Wärmeentwickelnde Abfälle	ca. 1,5 km ²
Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung	ca. 1,0 km ²
Infrastruktur	ca. 0,3 km ²

Im Bereich der Infrastruktur befinden sich die beiden Schächte, Werkstätten, Magazine etc.. Der Flächenbedarf für die wärmeentwickelnden Abfälle liegt um den Faktor 2 höher als es dem theoretischen Wert aufgrund des Wärmeeintrags von 25.000 kW entspricht. Das hängt neben den bereits am Ende von Abschnitt 5. diskutierten Gründen auch noch damit zusammen, dass bei der detaillierten Planung der DBE die Mengen an wärmeentwickelnden mittelradioaktiven Abfällen mit berücksichtigt worden sind, die vom Gebindevolumen her keineswegs zu vernachlässigen sind, vom Wärmeeintrag her allerdings nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Für die vorliegende Ausarbeitung wird davon ausgegangen, dass an Endlagerfläche für die wärmeentwickelnden Abfälle die um einen Faktor 2 erhöhten theoretischen Werte der Tabelle 4 als Richtgröße dienen können. Für die Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung wird unabhängig vom Wirtsgestein entsprechend dem verringerten Abfallvolumen nur $\frac{3}{4}$ des DBE-Wertes von 1,0 km² angesetzt, und für die Infrastruktur wird, ebenfalls unabhängig vom Wirtsgestein, der DBE-Wert von 0,3 km² übernommen.

Damit werden für die unterschiedlichen Szenarien und die verschiedenen Wirtsgesteine näherungsweise die in Tab. 5 zusammengestellten Endlagerflächen benötigt:

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	zum Vergleich DBE*
Salz	1,4	1,6	1,8	2,8
Granit, Ton	4,0	5,6	7,2	-

* für das o.a. bedeutend größere Abfallaufkommen

Tabelle 5: Insgesamt benötigte Endlagerflächen /km²/

7. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die vorliegende Ausarbeitung soll einen Beitrag zur Beantwortung der Frage geben, ob die Menge der erzeugten radioaktiven Abfälle einen Einfluss auf das Auswahlverfahren für Endlagerstandorte haben könnte. Diese Frage wird für die einzelnen Wirtsgesteine wie folgt differenziert beantwortet.

Für die Suche nach einem geeigneten Standort im Wirtsgestein Salz spielt die Abfallmenge unter den heutigen Randbedingungen (Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie) eine untergeordnete Rolle.

Für das Wirtsgestein Granit wird je nach Szenario eine Beeinflussung auf den Platzbedarf eines Endlagers deutlicher. Die endzulagernde Abfallmenge hat damit insofern einen Einfluss auf das Auswahlverfahren, da einige Kristallinkomplexe schon wegen ihres geringen Volumens für eine weitere Berücksichtigung nicht in Frage kommen /4/.

Hinsichtlich der in Deutschland vorhandenen Tonvorkommen und der in Deutschland vorgegebenen Randbedingungen (s.o.) dürfte für die drei Szenarien ein Faktor 2 im Endlagerflächenbedarf beim Wirtsgestein Ton für das Auswahlverfahren eher eine untergeordnete Rolle spielen, da die mit großer Mächtigkeit vorkommenden sedimentären Tonvorkommen meist eine große laterale Erstreckung aufweisen. Die genaue Abgrenzung müsste allerdings in weiteren Untersuchungen ermittelt werden.

Literatur

- /1/ P. Fritz et al.: „Vorausseilender Ausstieg aus der Kernenergie an den deutschen Hochschulen und Forschungszentren?“, Atomwirtschaft, atw, 46. Jg., Heft 2, Februar 2001, S. 88
- /2/ R. Papp: „GEISHA, Gegenüberstellung von Endlagerkonzepten in Salz und Hartgestein“, Wissenschaftliche Berichte FZKA-PTE Nr. 3, Forschungszentrum Karlsruhe, 1997
- /3/ R. Heremans et al.: „Thermal Aspects Associated with the Disposal of Waste in Deep Geological Formations“, in „Radioactive Waste Management and Disposal“, Proceedings of the First European Community Conference, Luxembourg, May 20-23, 1980, S.468
- /4/ V. Bräuer et al.: „Endlagerung stark wärmeentwickelnder Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands - Untersuchung und Bewertung von Regionen in nichtsalinaren Formationen“, BGR Hannover, 1994