

Ingo Hensing

Ansätze einer internationalen Entsorgung von radioaktiven Abfällen

Eine ökonomische Analyse aus deutscher Sicht

R. Oldenbourg Verlag, München 1996

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IX
Tabellenverzeichnis.....	XI
Abkürzungsverzeichnis.....	XII
Einleitung.....	1

Teil Überlegungen einer denkbaren Internationalisierung der Entsorgung radioaktiver Abfälle

1 Ökonomische Grundlagen der Kernenergienutzung.....	3
1.1 Charakteristika von Kernenergie.....	3
1.2 Der Kernbrennstoffkreislauf.....	5
1.3 Internationale Klassifikation radioaktiver Abfälle	8
1.4 Aufkommen radioaktiver Abfälle am Beispiel Deutschlands.....	9
1.5 Ökonomische Grundlagen der Nutzung der Kernenergie.....	11
1.5.1 Kostenbereiche eines KKW.....	11
1.5.1.1 Investitionskosten.....	11
1.5.1.2 Kosten des Kernbrennstoffkreislaufes.....	13
1.5.1.2.1 Reaktoreinsatz und Front-End.....	13
1.5.1.2.2 Back-End.....	14
1.5.1.3 Entsorgungskosten von Kernkraftwerken.....	14

1.5.2	Analyse einer KKW-Investition.....	15
1.5.2.1	Gesamtkosten einer KKW-Investition.....	15
1.5.2.2	Profitabilität einer KKW-Investition.....	16
1.5.2.3	Zeithorizont einer KKW-Investition.....	16
1.5.2.4	Betrachtungsweise der Studie.....	18
2	Aspekte einer internationalen Nutzung von Deponiekapazitäten für radioaktive Abfälle.....	20
2.1	Radioaktive Abfälle als "Ungut".....	20
2.2	Internationaler Handel mit Deponiekapazitäten.....	22
2.2.1	Das Grundprinzip komparativer Vorteile.....	22
2.2.2	Gründe für Außenhandel.....	23
2.2.2.1	Nichtverfügbarkeit.....	24
2.2.2.2	Preisdifferenzen.....	24
2.2.2.3	Produktdifferenzierung.....	24
2.2.3	Argumente gegen einen Handel mit Deponieraum.....	25
2.2.3.1	Unterschiedliche Umweltstandards.....	25
2.2.3.2	Kontrollmöglichkeiten und Relativierung des Mengenanfalls.....	25
2.2.3.3	Entsorgungssicherheit.....	26
2.2.3.4	Politische Widerstände.....	26
2.2.3.5	Die Begrenztheit von Deponiekapazitäten.....	27
2.2.3.6	Ethik.....	27
2.3	Internationalisierung des Kernbrennstoffkreislaufes.....	28
3	Derzeitiges Management radioaktiver Abfälle in Deutschland ...	30
3.1	Charakterisierung des deutschen Entsorgungssystems.....	30
3.2	Institutionelle Ausgestaltung der deutschen Entsorgungspolitik.....	32
3.3	Das Scheitern einer nationalen Entsorgungspolitik.....	34

3.4	Ökonomische Betrachtung der deutschen Entsorgungspolitik ...	35
3.4.1	Finanzierung.....	35
3.4.2	Das Finanzierungssystem der Kernkraftwerksbetreiber....	36
3.5	Ökonomische Effizienz im deutschen Entsorgungssystem.....	38
3.5.1	Änderung der Rahmenbedingungen.....	38
3.5.2	Politische Kosten.....	39
3.5.3	Optimierungsansätze im deutschen Entsorgungssystem... ..	41
3.5.4	Mögliche Internationalisierung der Entsorgung.....	42

Teil II

Modelle internationaler Back-End-Lösungen

4	Verschiedene Ansätze einer Internationalisierung der Entsorgung	44
4.1	Bilaterale Abkommen.....	44
4.1.1	Research Reactor Fuel	45
4.1.2	Power Reactor Fuel.....	45
4.1.3	EUROCHEMIC.....	47
4.2	Multinationale Modelle der Vergangenheit.....	48
4.2.1	Der Baruch-Plan.....	49
4.2.2	Atoms for Peace.....	49
4.2.3	Regional Nuclear Fuel Cycle Centres.....	50
4.2.4	Energy Islands.....	50
4.2.5	International Nuclear Fuel Evaluation (INFCE).....	51
4.2.5.1	INFCE: International Plutonium Storage (IPS)..	51
4.2.5.2	INFCE: International Spent Fuel Management (ISFM).....	51

4.3	Neuere Ansätze.....	52
4.3.1	Regional Repositories.....	52
4.3.2	Marshall-Inseln.....	53
4.3.3	EU-Ansatz.....	54
4.3.4	International [^] Monitored Retrievable Surface Storage (IMRSS).....	55
5	Das Modell regionaler Endlager.....	56
5.1	Überlegungen der IAEA.....	56
5.1.1	Grundlagen regionaler Endlager.....	56
5.1.2	Kriterien regionaler Endlager.....	57
	.2.1 Sicherheit (safety principles).....	58
	.2.2 Technische Fragen (technical issues).....	58
	.2.3 Finanzierung (costs and liabilities).....	58
	.2.4 Institutionelle Aspekte (institutional aspects).....	59
	.2.5 Ethische Aspekte (ethical aspects).....	59
	.2.6 Öffentliche Akzeptanz (public acceptance).....	60
	1.2.7 Sicherung vor Mißbrauch (safeguards).....	60
5.2	Economies of Scale in einem regionalen Endlager.....	60
5.2.1	Das Grundmodell.....	60
5.2.2	Statisches Beispiel eines regionalen Endlagers.....	63
5.2.3	Kostenverteilung.....	65
5.2.4	Berücksichtigung von F&E.....	66
5.2.5	Dynamische Anforderungen.....	70
6	Das Modell eines International Spent Fuel Management System (ISFMS).....	71
6.1	Klassifikation des Ansatzes.....	71

6.2	Grundelemente eines ISFMS.....	72
6.2.1	Gemeinsame Nutzung eines Endlagers.....	72
6.2.2	Zwischenlagerung im ISFMS.....	72
6.2.3	Optionale Wiederaufarbeitung.....	73
6.3	Rahmenbedingungen.....	75
6.3.1	Politische Ebene.....	75
6.3.2	Aufsicht und Kontrolle.....	75
6.3.3	Beteiligte.....	76
6.4	Ökonomische Aspekte eines ISFMS.....	78
6.4.1	Zur Legitimation ökonomischen Denkens.....	78
6.4.2	Größenvorteile im Endlagerbereich.....	80
6.4.2.1	Commission of the European Communities (1990).....	80
6.4.2.2	OECD/NEA (1994).....	83

Teil III

Umsetzung und Potentiale eines International Spent Fuel Management Systems (ISFMS)

7	Implementierung und Finanzierung eines ISFMS.....	85
7.1	Implementierung eines ISFMS.....	85
7.1.1	Staatliche Ebene.....	85
7.1.2	Aufbau eines ISFMS.....	86
7.1.3	Bürden Sharing.....	87
7.2	Finanzierungssysteme.....	88
7.2.1	Allgemeine Anforderungen an Finanzierungssysteme. . .	88
7.2.2	Arten von Unsicherheiten.....	89

7.2.3	Finanzierungssysteme.....	90
7.2.3.1	Fonds.....	90
7.2.3.1.1	Allgemeiner Ansatz von Fonds.....	90
7.2.3.1.2	Kostendeckung in Fonds.....	92
7.2.3.1.3	Iterative Anpassung in einem Fonds..	93
7.2.3.2	Front-End-Erweiterung.....	9
7.2.3.3	International Spent Fuel Storage (ISFS) als Übergang.....	95
7.2.3.4	Einbeziehung der Wiederaufarbeitung.....	96
7.3	Kostenseite.....	98
7.3.1	Elemente von Kostenschätzungen.....	98
7.3.2	Kostenfaktoren.....	9
8	Status und Potentiale der Entsorgung radioaktiver Abfälle	100
8.1	Nutzung der Kernenergie.....	100
8.2	Übersicht ausgewählter nationaler Entsorgungspolitiken.....	101
8.2.1	Gewählte Entsorgungspfade bei SNF/HAW.....	101
8.2.2	Länderbetrachtung.....	102
8.2.2.1	Vereinigte Staaten von Amerika.....	102
8.2.2.2	Frankreich.....	103
8.2.2.3	Großbritannien.....	103
8.2.2.4	Schweden.....	103
8.2.3	Die Situation kleinerer Staaten am Beispiel der Schweiz.....	105
8.3	Vorteile eines internationales Entsorgungssystems.....	106
8.3.1	Vorteile des nuklearen Gesamtsystems.....	106
8.3.2	Vorteile des Standortlandes.....	107
8.3.3	Vorteile der Lieferländer.....	107
8.4	Profile der beteiligten Länder.....	108

8.4.1	Kriterien der Beteiligung.....	108
8.4.2	Mögliche Länder.....	109
8.4.3	Die deutsche Position.....	109
9	Simulationsrechnungen.....	111
9.1	Methodik der EWI-Simulationsrechnungen.....	111
9.1.1	Allgemeine Vorbemerkungen.....	111
9.1.1.1	Grundsätzliches zum Arbeiten mit Modellen... ..	111
9.1.1.2	Ziele der EWI-Simulationsrechnungen.....	112
9.1.1.3	Kostenbegriffe.....	113
9.1.2	Modellansätze der EWI-Simulationsrechnungen.....	114
.2.1	Entstehung von SNF/HAW.....	113
.2.2	Berücksichtigung des Kernkraftwerksparks... ..	113
.2.3	Vorgabe der Abbrandentwicklung.....	116
.2.4	Festlegung der Mengen.....	117
.2.5	Kosten und Unsicherheit.....	118
.2.6	Berücksichtigung der Wiederaufarbeitung... ..	119
9.2	Mengen- und Kostengerüste.....	121
9.2.1	Mengengerüst.....	121
9.2.2	Kostengerüst.....	125
9.3	Vorstellung der Szenarien.....	127
9.3.1	Beschreibung der Szenarien.....	127
9.3. .1	Szenario: REFERENZ.....	127
9.3. .2	Szenario: BLOCKADE.....	127
9.3. .3	Szenario: WEST.....	127
9.3. .4	Szenario: OST.....	127
9.3. .5	Szenario: AUSLAND.....	128
9.3.2	Systematik der Szenarien.....	128
9.4	Kosten der nationalen Entsorgung in Deutschland.....	129

9.4.1	Szenario: REFERENZ.....	129
9.4.1.1	Erste Abschätzung (nominale Kosten).....	129
9.4.1.2	Sensitivitätsanalysen.....	130
9.4.1.3	Ermittlung des Banwertes.....	131
9.4.2	Szenario: BLOCKADE.....	134
9.4.2.1	Modifikationen zu REFERENZ.....	134
9.4.2.2	Ergebnisse.....	135
9.5	Errichtung eines europäischen Regional Repository in Deutschland (Szenario WEST).....	136
9.5.1	Beschreibung.....	136
9.5.2	Ergebnisse.....	138
9.5.3	Finanzierungsmodelle.....	139
9.6	Einbeziehung der osteuropäischen Reformstaaten (Szenario OST).....	141
9.6.1	Beschreibung.....	141
9.6.2	Ergebnisse.....	142
9.7	Errichtung eines internationalen Endlagers (Szenario AUSLAND).....	143
9.7.1	Beschreibung.....	143
9.7.2	Beschreibung des Endlagersystems.....	143
9.7.3	Weitere Annahmen.....	145
9.7.4	Ergebnisse.....	145
9.7.5	Einschränkungen.....	146
	Zusammenfassung.....	147
	Anlagenverzeichnis.....	153
	Literaturverzeichnis.....	163