

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Inhaltsverzeichnis	VII
Die Herausgeber	XXI
Die Autoren des Handbuch Kernenergie	XXIII
1 Physikalisch-technische Grundlagen	1
1.1 Das Atom	1
1.1.1 Das »unteilbare« Atom	1
1.1.2 Das periodische System der Elemente	2
1.1.3 Aufbau des Atoms	2
1.1.4 Isotope	6
1.1.5 Atommassen, elektrische Ladungen	7
1.2 Energiegewinnung durch Kernspaltung	8
1.2.1 Kernkräfte	8
1.2.2 Die Spaltung schwerer Kerne	13
1.2.3 Von der ersten Urankernspaltung zur Atombombe	18
1.2.3.1 Uran-Sprengkörper	20
1.2.3.2 Plutonium-Sprengkörper	22
1.2.3.3 Thermonukleare Sprengkörper	22
1.3 Funktionsbedingungen für Kernreaktoren	23
1.3.1 Allgemeine Eigenschaften der Kernreaktoren	23
1.3.2 Wechselwirkungen zwischen Atomkernen und Neutronen	24
1.3.3 Schnelle und langsame Neutronen in Reaktoren	26
1.3.4 Moderatoren für thermische Reaktoren	30
1.3.5 Schnelle und thermische Brutreaktoren	33
1.3.6 Kühlmittel	34
1.3.7 Reaktorkinetik	36
1.3.8 Reaktordynamik und Regelung der Kernreaktoren	37
1.4 Die thermonukleare Fusion	39
1.5 Ergänzende Literatur zu Kapitel 1	48
2 Kernreaktorentwicklung, -typen, Stilllegung, Ausbildung	51

2.1	Allgemeines	51
2.1.1	Unterscheidungsmerkmale der Kernreaktortypen	51
2.1.2	Allgemeines zu thermischen Reaktoren	52
2.2	Wasserreaktoren	54
2.2.1	Leichtwasserreaktoren	54
2.2.2	Bewertungskriterien des Reaktoreinsatzes	62
2.2.3	Zukünftige LWR-Entwicklungslinien	67
2.2.3.1	Weltweite Entwicklungsziele	67
2.2.3.2	Amerikanische Entwicklungen	68
2.2.3.3	Deutsch-französische Reaktorentwicklung	69
2.2.4	Schwerwasserreaktoren	72
2.2.5	Graphitmoderierte Leichtwasserreaktoren	74
2.3	Gasgekühlte Reaktoren	78
2.3.1	Magnox-Reaktoren (GGR)	78
2.3.2	Fortgeschrittene gasgekühlte Reaktoren (AGR)	80
2.3.3	Die Baulinie des Hochtemperaturreaktors	81
2.3.3.1	Allgemeines und F&E-Arbeiten	81
2.3.3.2	Prototyp-HTR-Kernkraftwerke	84
2.3.3.3	HTR-Projekte	88
2.4	Schnelle Brutreaktoren	91
2.4.1	Grundlagen der Schnellen Brutreaktoren	91
2.4.1.1	Brutprinzip und Energiepotential	91
2.4.1.2	Kern und Kühlmittel	93
2.4.1.3	Entsorgungsaspekte	95
2.4.2	Brüter-Entwicklung, national und international	95
2.4.3	Der SNR-300 in Kalkar	100
2.4.3.1	Planung und Errichtung	100
2.4.3.2	Besondere Sicherheitsmerkmale	104
2.4.3.3	Das Ende des Projektes	105
2.4.4	Das European Fast Reactor-Projekt	107
2.4.4.1	Geschichtliches	107
2.4.4.2	Die Organisation des EFR-Projektes	107
2.4.4.3	Projektvorgaben und Zeitplan	108
2.4.4.4	Die EFR-Auslegungsarbeiten	109
2.4.4.5	Die wichtigsten Merkmale des EFR	111
2.4.4.6	Schlußbemerkungen	113
2.4.5	Ausblick auf die Zukunft der Schnellen Brüter	113
2.5	Fusionsreaktoren	114
2.6	Zusammenfassung	116

2.7	Stilllegung von kerntechnischen Anlagen	120
2.7.1	Einführung	120
2.7.2	Technische Planung	121
2.7.3	Kostenanalysen	123
2.7.4	Stilllegung von Kernkraftwerken	124
2.7.5	Stilllegung von Forschungsreaktoren	128
2.7.6	Stilllegung kerntechnischer Einrichtungen	128
2.7.6.1	Das Sanierungsprojekt Wismut	129
2.7.6.2	Die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe	131
2.8	Kerntechnik in Ausbildung und Berufsverbänden	132
2.8.1	Beginn der kerntechnischen Ausbildung in Deutschland	132
2.8.2	Heutiger Stand des Faches Kernenergie	133
2.8.3	Ausbildungsrichtungen	134
2.8.4	Vorhandene Ausbildungskapazitäten	136
2.8.4.1	Anzahl der ausgebildeten Kerntechniker	138
2.8.5	Mitgliedsgesellschaften für Kerntechniker	141
2.8.6	Kerntechnische Fachinformationen	143
2.9	Ergänzende Literatur zu Kapitel 2	145
3	Energiewirtschaft und Energiepolitik	147
3.1	Energiewirtschaft	147
3.1.1	Die Rolle der Energie in der Wirtschaft	147
3.1.1.1	Die Entkopplung des Energieverbrauchs vom Wirtschaftswachstum	147
3.1.1.2	Energie-Umwandlungsketten	148
3.1.1.3	Energieeinheiten/Umrechnungen	149
3.1.2	Weltenergieversorgung: Entwicklung und Status	151
3.1.3	Langzeitprobleme der Energieversorgung	159
3.1.3.1	Vorbemerkung	159
3.1.3.2	Problemstellung	159
3.1.3.3	Gemeinsame Aussagen	161
3.1.3.4	Die WEC-Aussage	164
3.1.3.5	Schlußfolgerungen	166
3.1.4	Weltenergieversorgung: mittelfristige Entwicklungstendenz	168
3.1.5	Die Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland	174
3.1.5.1	Die aktuelle Versorgungslage	174
3.1.5.2	Der Energieverbrauch bei veränderten ökonomischen Rahmenbedingungen	175
3.1.5.3	Verbrauchsbereiche: Entwicklungs- und Einflußfaktoren	178
3.1.5.4	Nichtenergetischer Verbrauch und Verbrauch in den Umwandlungsbereichen	182
3.1.5.5	Die Beiträge einzelner Energieträger	183
3.1.5.6	Einfuhrabhängigkeit und Zahlungsbilanz	194
3.1.5.7	Deutsche Energieversorgung: zukünftige Entwicklung	197

3.2	Energiepolitik	201
3.2.1	Allgemeine Vorbemerkungen zur Energiepolitik	201
3.2.1.1	Strukturelle Besonderheiten der Energiewirtschaft	201
3.2.1.2	Ziele der Energiepolitik	202
3.2.2	Internationale Energiepolitik	203
3.2.2.1	Ebenen, Motivierungen und Ziele einer Energiepolitik	203
3.2.2.2	Die Energiepolitik der Europäischen Union	204
3.2.2.3	Die Energiepolitik der Industrieländer	215
3.2.2.4	Weltweite energiepolitische Auseinandersetzungen	220
3.3	Kohlewirtschaft und Kohlepolitik	222
3.3.1	Steinkohlewirtschaft	222
3.3.1.1	Vorräte	222
3.3.1.2	Förderung	222
3.3.1.3	Internationaler Steinkohlenhandel	224
3.3.1.4	Perspektiven des Weltkohlenmarktes	227
3.3.1.5	Der Steinkohlenmarkt der EU	234
3.3.2	Braunkohlewirtschaft	242
3.3.2.1	Braunkohlesituation weltweit	242
3.3.2.2	Braunkohle in Westdeutschland	244
3.3.2.3	Braunkohle in Ostdeutschland	249
3.3.2.4	Braunkohle im wiedervereinigten Deutschland	255
3.3.2.5	Ausblick	256
3.4	Mineralölwirtschaft / Ölpolitik	259
3.4.1	Weltmineralölwirtschaft im Überblick	259
3.4.2	Welt-Erdölreserven	261
3.4.3	Rohölförderung und Mineralölverbrauch	264
3.4.4	Verfügung über das Rohöl	269
3.4.5	Die OPEC und der erste Ölschock	270
3.4.6	IEA, Krisenmechanismus und Vorratshaltung	272
3.4.7	OPEC II – IV	274
3.4.8	Raffineriekapazitäten und Raffineriestruktur	282
3.4.9	Zukunftsaspekte der Mineralölversorgung	285
3.5	Elektrizitätswirtschaft	287
3.5.1	Rolle der Elektrizität in der Energiewirtschaft	287
3.5.2	Elektrizitätswirtschaft weltweit	288
3.5.2.1	Stromerzeugung und -verbrauch	288
3.5.2.2	Wirtschaftsentwicklung und Energieverbrauch	289
3.5.2.3	Energie- und Stromverbrauchsprognosen	292
3.5.3	Elektrizitätswirtschaft in Deutschland	293
3.5.3.1	Kraftwerkskapazität und Stromerzeugung	293
3.5.3.2	Stromverbrauch	298
3.5.3.3	Entwicklungsaussichten der Elektrizitätswirtschaft	300

3.6	Rationelle Energienutzung	303
3.6.1	Möglichkeiten eines sparsamen Umgangs mit Energie	303
3.6.1.1	Grundlegende Bemerkungen	303
3.6.1.2	Prinzipielle Möglichkeiten	304
3.6.1.3	Energieverbrauch nach Sektoren und Nutzungen	305
3.6.1.4	Rationelle Energieanwendung bei Endverbrauchern	306
3.6.1.5	Rationelle Energieanwendung im Umwandlungsbereich	308
3.6.2	Energiesparen im internationalen Kontext	311
3.6.2.1	Feststellungen zur internationalen Situation	311
3.6.2.2	Entwicklung in den Regionen	311
3.6.2.3	Situation in Europa	312
3.6.2.4	Deutschland im Vergleich	314
3.6.3	Maßnahmen zur rationellen Energienutzung	315
3.6.3.1	Instrumente zur Förderung	315
3.6.4	Energieeinsparung versus Ausbau der Kernenergie	317
3.7	Regenerative Energien	322
3.7.1	Windenergie	323
3.7.2	Meeresenergie	329
3.7.3	Geothermische Energie	329
3.7.4	Sonnenenergie, einschließlich Biomasse	331
3.7.5	Zusammenfassende Würdigung regenerativer Energien	339
3.8	Ergänzende Literatur zu Kapitel 3	341
4	Kernkraftwirtschaft	351
4.1	Situation der Kernenergie in Deutschland und weltweit	351
4.2	Die Rolle der Kernenergie in der Elektrizitätswirtschaft	355
4.2.1	Weltdaten zur Kernenergie	355
4.2.1.1	Neubewertung der Kernenergie	356
4.2.1.2	Prognose der Internationalen Energie-Agentur	357
4.2.1.3	15. Weltenergiekongreß	359
4.2.2	Europäische Union	360
4.2.2.1	Belgien	361
4.2.2.2	Finnland	362
4.2.2.3	Frankreich	363
4.2.2.4	Großbritannien	363
4.2.2.5	Italien	364
4.2.2.6	Niederlande	364
4.2.2.7	Schweden	365
4.2.2.8	Spanien	367
4.2.2.9	Übrige EU-Staaten	368
4.2.3	Bundesrepublik Deutschland	368
4.2.3.1	Kernenergiestatus der Bundesrepublik Deutschland	368
4.2.3.2	Kernenergieausbaupläne in Deutschland	369

4.2.4	Schweiz	374
4.2.4.1	Politik	374
4.2.4.2	Nukleare Forschung	378
4.2.4.3	Kernkraftwerke	379
4.2.4.4	Elektrizitätsbedarf und -Produktion	381
4.2.4.5	Fernwärme	383
4.2.4.6	Entsorgung – Projekt Zentrales Zwischenlager	383
4.2.4.7	Entsorgung – Endlagerung	384
4.2.5	Vereinigte Staaten und Japan	385
4.2.5.1	Vereinigte Staaten von Amerika	385
4.2.5.2	Japan	388
4.2.6	Schwellen- und Entwicklungsländer	389
4.3	Kernenergie: Kosten und Wettbewerbsfähigkeit	390
4.3.1	Allgemeines zur Wettbewerbsfähigkeit der Kernenergie	390
4.3.2	Berechnung der Stromerzeugungskosten	397
4.3.3	Kosten- und Wettbewerbslage der Kernenergie	399
4.3.3.1	Bestehende Kraftwerke	400
4.3.3.2	Neue Kraftwerke	401
4.3.4	Stromerzeugungskosten im Ausland	405
4.3.5	Kritische Anmerkungen und Schlußbetrachtung	407
4.3.6	Externe Kosten der Energieversorgung	409
4.4	Die Nuklearindustrie	411
4.4.1	Weltweite Betrachtung der Nuklearindustrie	411
4.4.2	Die Kernkraftwirtschaft in Deutschland	412
4.4.3	Die Kernkraftwirtschaft in den USA	416
4.4.4	Die Kernkraftwirtschaft in Frankreich	418
4.4.5	Die Kernkraftwirtschaft in Japan	420
4.4.6	Die Kernkraftwirtschaft in Rußland	421
4.4.7	Die Kernkraftwirtschaft in Großbritannien	422
4.5	Staatliche Aufwendungen für die Kernenergieforschung	423
4.5.1	Reaktorförderung der Bundesregierung	423
4.5.1.1	Die staatlichen Kernenergie-Förderprogramme	423
4.5.1.2	Umlage der staatlichen Förderung auf die Stromproduktion	423
4.5.1.3	Staatliche Förderung bei unterschiedlichen technologischen Reifegraden	424
4.5.1.4	Die staatliche Energieforschung der IEA-Länder	425
4.5.1.5	Die staatliche Förderung in einem sich erweiternden Markt	426
4.5.2	Reaktorentwicklung: Aspekte internationaler Kooperation	426
4.5.2.1	Die Anteile der Mitgliedstaaten an den Energie-F&E-Ausgaben der EU	427
4.5.2.2	Die Brüterentwicklung als Beispiel internationaler Kooperation	429
4.5.2.3	Fusion als Beispiel internationaler Kooperation	429
4.5.2.4	Die Bedeutung von EURATOM für die Kernenergieentwicklung	430
4.5.2.5	Die Rollen von IAEA und OECD	432

4.6	Nukleare Wärme	433
4.6.1	Einführung	433
4.6.2	Nuklearstrom im Wärmemarkt	433
4.6.2.1	Raumwärme	433
4.6.2.2	Übriger Wärmemarkt	435
4.6.2.3	Das Beispiel Schweden	436
4.6.3	Fernwärme und Prozeßdampf aus Kernkraftwerken	436
4.6.3.1	Nukleare Heizwerke	437
4.6.3.2	Nukleare Kraft-Wärme-Kopplung	438
4.6.3.3	Verbrauchernahe Errichtung, Evakuierungsausschluß	439
4.6.3.4	Markt	441
4.6.3.5	Prozeßdampf für industrielle Zwecke	442
4.6.3.6	Nuklearwärme für Industrielle Prozesse bis 500°C	443
4.6.4	Prozeßdampf für Meerwasserentsalzung und Ölgewinnung	443
4.6.4.1	Meerwasserentsalzung	443
4.6.4.2	Ölgewinnung	444
4.6.5	Nuklearwärme für Industrielle Prozesse bis 900°C	446
4.6.5.1	Wärmeerzeugung und -auskopplung	446
4.6.5.2	Direkte Heizung; Aluminiumoxid-Herstellung	446
4.6.5.3	Umwandlung fossiler Brennstoffe	447
4.6.5.4	Nutzung der erzeugten Produkte	450
4.6.5.5	Auswirkung auf industrielle Strukturen	456
4.6.6	Wasserspaltung mit Nuklearwärme	456
4.6.7	Nuklearwärme für die Lösung der Weltprobleme	459
4.7	Ergänzende Literatur zu Kapitel 4	461
5	Der nukleare Brennstoffkreislauf	465
5.1	Brennstoffkreislauf, Übersicht	465
5.2	Die Versorgung mit Natururan	469
5.2.1	Der Uranbedarf	469
5.2.1.1	Reaktortypen und spezifischer Uranbedarf	469
5.2.1.2	Ausbau globaler Kernkraftkapazitäten	471
5.2.1.3	Zukünftiger Uranbedarf	472
5.2.2	Die Deckung des Uranbedarfs	473
5.2.2.1	Uranreserven	473
5.2.2.2	Verfügbarkeit der vorhandenen Reserven	482
5.2.2.3	Uransektor: deutsche Bergwerksgesellschaften	484
5.2.2.4	Rückblick auf Marktentwicklung und Produktion	485
5.2.2.5	Ostblock und westlicher Natururanmarkt	490
5.2.2.6	Aktuelle Marktsituation und Ausblick	494

5.3	Die Urananreicherung	496
5.3.1	Grundbegriffe	496
5.3.2	Anreicherungsverfahren	498
5.3.2.1	Die Gasdiffusion	499
5.3.2.2	Die Gaszentrifuge	500
5.3.2.3	Laserverfahren	502
5.3.2.4	Vergleich der Verfahren	505
5.3.2.5	Sonstige Verfahren	508
5.3.3	Der Bedarf an Trennarbeit	509
5.3.4	Anreicherungs-Anlagen und Projekte	509
5.3.4.1	Die US-amerikanischen Anlagen	509
5.3.4.2	Urenco	511
5.3.4.3	Eurodif	512
5.3.4.4	Die Anreicherungsanlagen in Rußland	513
5.3.4.5	Anreicherungsanlagen in Japan	513
5.3.4.6	Projekte	514
5.3.4.7	Entwicklung weltweiter Anreicherungskapazität	514
5.3.5	Trennarbeitsmarkt	515
5.3.5.1	Entwicklung der Lieferbedingungen	516
5.3.5.2	Marktsituation Anfang der 90er Jahre	517
5.4	Brennelemente für Leichtwasserreaktoren	519
5.4.1	Das Brennelement als nukleare Wärmequelle des Reaktorkerns	519
5.4.2	Auslegung der Brennelemente	519
5.4.3	Beschreibung und Funktion der Brennelemente	520
5.4.3.1	DWR-Brennelement-Struktur	520
5.4.3.2	SWR-Brennelement-Struktur	521
5.4.3.3	Brennelement-Komponenten	522
5.4.4	Fertigung von Uran-Brennelementen	523
5.4.5	Fertigung von MOX-Brennelementen	525
5.4.6	Qualitätssicherungssystem	527
5.4.7	Brennelement-Service	528
5.4.8	Der Markt für Brennelemente	529
5.5	Entsorgung	530
5.5.1	Entsorgung als Teil des Kernkraftwerksbetriebes	530
5.5.1.1	Entsorgungsvorsorge	530
5.5.1.2	Entsorgungswege	531
5.5.2	Entsorgung der Kernkraftwerke in Deutschland	532
5.5.2.1	Energiekonsens in Deutschland	532
5.5.2.2	Entsorgungskonzepte	533
5.5.3	Zwischenlagerung ausgedienter Brennelemente	535
5.5.4	Wiederaufarbeitung als klassische Form der Entsorgung	537
5.5.4.1	Plutonium-Rezyklierung	537
5.5.4.2	Zusammensetzung von ausgedienten Brennelementen	538
5.5.4.3	Internationale Kontrolle	538

5.5.4.4	Zivile Wiederaufarbeitung	539
5.5.5	Direkte Endlagerung als ein weiterer Entsorgungsweg	541
5.5.5.1	Entwicklung der Technologie	541
5.5.6	Entsorgung von Betriebsabfällen und Stilllegung von Kernkraftwerken	543
5.5.6.1	Betriebsabfälle	543
5.5.6.2	Stilllegung	544
5.5.7	Endlagerung	544
5.5.7.1	Grundsätze in Deutschland	544
5.5.7.2	Endlagerung im Salz	545
5.5.7.3	Das Erkundungsbergwerk Gorleben	545
5.5.7.4	Die Schachtanlage Konrad	547
5.5.7.5	ERAM – Endlager Morsleben	547
5.5.7.6	Endlagerkonzepte im Ausland	547
5.6	Plutonium	548
5.7	Ergänzende Literatur zu Kapitel 5	556
6	Sicherheit und Genehmigungsverfahren	559
6.1	Strahlenexposition und Strahlenwirkung	559
6.1.1	Grundbegriffe des Strahlenschutzes	559
6.1.2	Strahlenexposition	563
6.1.2.1	Strahlenexposition aus natürlichen Quellen	563
6.1.2.2	Strahlenexposition, zivilisatorische Quellen	566
6.1.3	Biologische Wirkungen beim Menschen	567
6.1.3.1	Die Wirkungskette für ionisierende Strahlung	567
6.1.3.2	Frühschäden (akute Schäden)	569
6.1.3.3	Spätschäden	571
6.1.3.4	Das kollektive Krebs- und Leukämierisiko	573
6.1.3.5	Genetische Strahlenwirkungen	576
6.1.3.6	Abwehr von Strahlenschäden	579
6.1.4	Strahlenschutz und Berechnung der Strahlenexposition	584
6.1.4.1	Strahlenschutzvorschriften	584
6.1.4.2	Berechnung der Strahlenexposition	589
6.1.5	Kerntechnik und Gesundheitsrisiko	594
6.1.5.1	Strahlenexposition, bestimmungsgemäßer Betrieb	594
6.1.5.2	Die Diskussion um Sellafield	595
6.1.5.3	Die Folgen des Unfalls von Tschernobyl	597
6.2	Reaktorsicherheit	603
6.2.1	Sicherheitsphilosophie und Sicherheitstechnik	603
6.2.1.1	Das Gefährdungspotential	603
6.2.1.2	Die Sicherheitskonzeption	604
6.2.1.3	Erfordernisse des Strahlenschutzes	606
6.2.1.4	Die Sicherheitsbarrieren	606
6.2.1.5	Redundanz, Diversität, räumliche Trennung	608

6.2.2	Wichtige Reaktorsicherheitssysteme	609
6.2.3	Störfälle	612
6.2.3.1	Auslegungs-Störfälle	612
6.2.3.2	Einwirkungen von außen	613
6.2.3.3	Ausgewählte Störfallabläufe	615
6.2.3.4	Sicherheitsrelevante Vorkommnisse	619
6.2.4	Unfallabläufe mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit	625
6.2.4.1	Beschreibung eines Kernschmelzunfalls	625
6.2.4.2	Der Störfall im Kernkraftwerk TMI-2	626
6.2.4.3	Der Unfall von Tschernobyl	631
6.2.4.4	Anlageninterner Notfallschutz in LWR	645
6.2.5	Anforderungen an zukünftige Reaktorsysteme	647
6.2.6	Risikoanalysen/Probabilistische Sicherheitsanalysen	649
6.2.6.1	Zielsetzung von Risikoanalysen	649
6.2.6.2	Probabilistische Sicherheitsanalyse	650
6.2.6.3	Deutsche Risikostudie KKW, Phase B	652
6.2.6.4	Unsicherheit der Ergebnisse	664
6.2.7	Reaktorsicherheitsforschung	666
6.2.7.1	Forschungsprogramme	666
6.2.7.2	Das HDR-Forschungsprogramm	667
6.2.7.3	Finanzierung der Reaktorsicherheitsforschung	669
6.3	Genehmigungsverfahren	670
6.3.1	Grundlagen	670
6.3.1.1	Atomenergierecht	670
6.3.1.2	Schutzziele	673
6.3.1.3	Novellierungsbestrebungen	674
6.3.2	Genehmigungsablauf	675
6.3.2.1	Verfahren	675
6.3.2.2	Weisungsrecht des Bundes	676
6.3.2.3	Bundesumweltministerium	677
6.3.2.4	Genehmigungsablauf für Kernkraftwerke	677
6.3.2.5	Teilgenehmigungspraxis	678
6.3.2.6	Frühe Beteiligung der Öffentlichkeit	679
6.3.2.7	Genehmigungsform und -inhalt	681
6.3.2.8	Beschleunigung der Genehmigungsverfahren	681
6.3.3	Kernenergie und Rechtsschutz	682
6.3.3.1	Rechtsschutz	682
6.3.3.2	Aufschiebende Wirkung	684
6.3.3.3	Adressat einer Klage	685
6.3.3.4	Selbstbetroffenheit	685
6.3.3.5	Strahlenminimierungsgebot	686
6.3.3.6	Gefahrenabwehr und Risikoabwehr	687
6.3.3.7	Verfahrensverstoß	687
6.3.3.8	Klagebefugnis: Gemeinden, Verbände	688
6.3.3.9	Rechte von Ausländern	688

6.3.3.10	Gerichtliche Überprüfbarkeit	688
6.3.4	Ausgewählte Rechtsfragen der Entsorgung	689
6.3.4.1	Integriertes Entsorgungszentrum	689
6.3.4.2	Entsorgungsvorsorge	690
6.3.4.3	Entsorgungsjunktum?	690
6.3.4.4	Modifiziertes Entsorgungsvorsorgekonzept	691
6.3.4.5	Private Zwischenlager: Zulässigkeit	691
6.3.4.6	Anlagenintegrierte Zwischenlagerung	691
6.3.4.7	Genehmigung externer Zwischenlagerung	692
6.3.4.8	Genehmigung für staatliche Endlager	692
6.3.4.9	Rückgewonnene Produkte: Verwertungsnachweis	693
6.3.5	Zusammenfassende Würdigung	693
6.4	Haftung und Versicherung	694
6.4.1	Haftung für Drittschäden und Deckungsvorsorge	694
6.4.2	Internationaler Rechtsvergleich	695
6.4.3	Rechtsfolgen des Reaktorunfalls in Tschernobyl	697
6.4.4	Die internationalen Übereinkommen	698
6.4.5	Die Versicherungswirtschaft	699
6.5	Ergänzende Literatur zu Kapitel 6	702
7	Umwelt und Akzeptanz	705
7.1	Umweltbelastungen: herkömmliche und nukleare Stromerzeugung	705
7.1.1	Emissionen und Immissionen herkömmlicher Wärmekraftwerke	705
7.1.2	Sondergutachten »Energie und Umwelt« (1981)	709
7.1.3	Wirkungen auf Ökosysteme, Gesundheitsrisiken und Gebäudeschäden	710
7.1.3.1	Auswirkungen saurer Niederschläge auf Ökosysteme	710
7.1.3.2	Waldschäden	711
7.1.3.3	Gesundheitsrisiken	713
7.1.3.4	Schäden an Gebäuden und Materialien	714
7.1.4	Umweltrechtsreform	715
7.1.4.1	Novellierungen der TA Luft 1983 und 1986	715
7.1.4.2	Großfeuerungsanlagen-Verordnung (GFAVO)	716
7.1.4.3	Umweltsituation in den neuen Bundesländern	720
7.1.5	Bewertender Vergleich der Schadstoffbelastungen	720
7.1.5.1	Emissionen/Immissionen/Wirkungen chemischer Stoffe	721
7.1.5.2	Emissionen/Immissionen/Wirkungen radioaktiver Stoffe	723
7.2	Globale Energie- und CO₂-Szenarien	724
7.2.1	Einleitung	724
7.2.2	Konzeption und Grundannahmen der Szenarien	725
7.2.3	Primärenergieverbrauch und Energieträgerstruktur	726
7.2.4	CO ₂ -Emission	729

7.3	Kernenergie und Klima	731
7.3.1	Der Treibhauseffekt – Wissensstand – Folgewirkungen	731
7.3.2	Globaler Horizont und weltweite Aktionspläne	733
7.3.2.1	Die in Rio verabschiedete weltweite Klimakonvention	733
7.3.2.2	Engagements zur Begrenzung der Emissionen klimawirksamer Spurengase . .	736
7.3.3	Reduktionsmittel und -wege	737
7.3.4	Aktueller Stand der nationalen CO ₂ -Reduktionspolitik	737
7.3.4.1	Die Hauptanliegen der deutschen Energie- und Umweltpolitik	737
7.3.4.2	Erhaltung des Klimas im Widerstreit mit anderen politischen Anliegen . . .	738
7.3.4.3	Eine nationale Klimapolitik als umfassendes Anliegen	738
7.3.4.4	Das nationale Engagement einer Reduktion der CO ₂ -Emissionen	740
7.3.4.5	Steuer auf Energieverbrauch und/oder CO ₂ -Emissionen	740
7.3.4.6	Verkehr und Klima – Umstrukturierung der Verkehrswirtschaft	742
7.3.5	Die Problembereiche einer Emissionsverminderungspolitik	743
7.3.5.1	Energiesparen – Rationellere Energieverwendung	743
7.3.5.2	Umstellung von CO ₂ -intensiven auf CO ₂ -schwache fossile Energieträger . . .	744
7.3.5.3	Die Zukünftige Rolle der Erneuerbaren	747
7.3.5.4	Kernenergie ja oder nein	748
7.4	Perzeption, Akzeptanz und Akzeptabilität der Kernenergie	752
7.4.1	Die zentrale Stellung der Risikoproblematik in modernen Gesellschaften	752
7.4.2	Die intuitive Erfassung und Bewertung von Risiken	754
7.4.3	Die soziale und kulturelle Sprengkraft des Themas Kernenergie	756
7.4.4	Die aktuelle Einstellung der deutschen Bevölkerung zur Kernenergie	759
7.4.5	Die Akteure im Konflikt um Kernenergie	760
7.4.6	Die Rolle der Medien als soziale Verstärker des Konfliktes	764
7.4.7	Die öffentliche Meinung in der nuklearen Arena	766
7.4.8	Von der Akzeptanz zur Akzeptabilität	769
7.4.9	Der kooperative Diskurs: Modell für den Energiekonsens?	772
7.4.10	Schlußfolgerungen zur Akzeptanzfrage	775
7.5	Die Kernenergiekontroverse in Deutschland	777
7.5.1	Ursprung der Kernenergiekritik	777
7.5.2	Themen und Ausdrucksformen der Kontroverse bis 1982	779
7.5.3	Die politischen Parteien in der Nuklearkontroverse bis 1982	782
7.5.3.1	Die Enquete-Kommission »zukünftige Kernenergiepolitik«	790
7.5.3.2	Die Energiedebatten des Bundestages	791
7.5.3.3	Meinungsumfragen	792
7.5.4	Die »Normalisierung«: 1982 bis 1986	793
7.5.4.1	Entsorgung wird Schwerpunkt der Kontroverse	795
7.5.4.2	Parteien, Gewerkschaften, Kirchen	797
7.5.5	Nach Tschernobyl	798
7.5.5.1	Die Haltung der Parteien	800
7.5.5.2	Die Haltung der Gewerkschaften	801
7.5.5.3	Meinungsumfragen	802
7.5.5.4	Weiter Streit um die Entsorgung	803

7.5.5.5	Die Bemühungen um einen Energiekonsens	803
7.5.5.6	Letzte Bemühungen um einen Konsens	805
7.5.6	SPD-Länder gegen den Bund	806
7.5.7	Gerichtsverfahren, Verfassungsbeschwerden und Volksbegehren	811
7.5.7.1	Gerichtsurteile	811
7.5.7.2	Verfassungsbeschwerden	814
7.5.7.3	Volksbegehren	815
7.6	Ein Atomstaat?	815
7.6.1	Die Bombe	816
7.6.2	Sabotage	821
7.6.3	Terrorismus	823
7.6.4	Abwehrmaßnahmen	824
7.6.5	Kernenergieanlagen und kriegerische Auseinandersetzungen	829
7.6.6	Ausblick: zukünftige Kernenergienutzung	831
7.7	Ergänzende Literatur zu Kapitel 7	833
8	Internationale Nichtverbreitungspolitik	837
8.1	Atoms for Peace!	838
8.1.1	Der Lilienthal-Baruch-Plan	838
8.1.2	Die Eisenhower-Botschaft	838
8.1.3	EURATOM	840
8.2	Der Atomwaffensperrvertrag	842
8.2.1	Das Verbot der Verbreitung von Kernwaffen	842
8.2.2	Die Überprüfung des Vertrages	846
8.2.2.1	Erste Überprüfungskonferenz	846
8.2.2.2	Zweite Überprüfungskonferenz	847
8.2.2.3	Dritte Überprüfungskonferenz	848
8.2.2.4	Vierte Überprüfungskonferenz	849
8.2.2.5	Verlängerung des Atomwaffensperrvertrages	850
8.2.3	Kontrollen und Verifikationen	853
8.3	Krisen der internationalen Nuklearpolitik	855
8.3.1	Die indische Bombe und ihre unmittelbaren Folgen	856
8.3.2	Der Suppliers Club	858
8.3.3	Uranexportrestriktionen von Kanada und Australien	861
8.3.4	Der US Nuclear Non-Proliferation Act von 1978	862
8.3.5	Die Kritik der Abnehmerländer	863
8.3.6	INFCE	866
8.3.7	Internationale Nichtverbreitungspolitik in den 80er Jahren	868
8.3.7.1	Die Haltung der amerikanischen Regierung	869
8.3.7.2	Die europäischen Interessen	871
8.3.7.3	Stagnation der Kernenergie	873
8.3.7.4	Proliferation von Kernwaffen	874

8.3.8	Der Fall Irak	875
8.3.8.1	Situation in Tuwaitha	876
8.3.8.2	Irakische Nuklearwaffen-Aktivitäten	876
8.3.8.3	Schwachstellen des Nichtverbreitungsregimes	877
8.3.8.4	Zusammenarbeit von UNO und IAEA	878
8.3.9	Der Fall Nordkorea	879
8.3.9.1	Ein verdächtiges Nuklearprogramm	879
8.3.9.2	Vorläufige Beilegung des Konflikts	880
8.3.9.3	Grenzen des Multilateralismus	881
8.3.10	Die Auflösung der Sowjetunion	882
8.3.10.1	Ende des Ost-West-Konfliktes	882
8.3.10.2	Zerfall der staatlichen Autorität	884
8.3.10.3	Die nukleare Erbfolge Rußlands	884
8.4	Ausblick: Zukunft der Nuklearpolitik	885
8.5	Ergänzende Literatur zu Kapitel 8	888
	Anhänge	891
	Anhang A: Fachzeitschriften	891
	Anhang B: Lexika und Nachschlagewerke	892
	Verzeichnis der Abbildungen	893
	Verzeichnis der Tabellen	897
	Verzeichnis der Abkürzungen	903
	Namensverzeichnis	911
	Sachverzeichnis	919