

**Hans Michaelis:
Kernenergie**

Deutscher
Taschenbuch
Verlag



Inhalt

Vorwort

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | Physikalisch-technische Grundlagen der Kernenergieerzeugung | |
| 1.1 | Das Atom | |
| 1.1.1 | Das »unteilbare« Atom | 15 |
| 1.1.2 | Das periodische System der Elemente | 16 |
| 1.1.3 | Aufbau des Atoms | 16 |
| 1.1.4 | Isotope | 21 |
| 1.1.5 | Atomgewichte, elektrische Ladungen | 24 |
| 1.2 | Energiegewinnung durch Kernspaltung | |
| 1.2.1 | Kernkräfte | 25 |
| 1.2.2 | Die Spaltung schwerer Kerne | 30 |
| 1.2.3 | Von der ersten Urankernspaltung zur Atombombe | 36 |
| 1.2.3.1 | Uran-Sprengkörper | 38 |
| 1.2.3.2 | Plutonium-Sprengkörper | 39 |
| 1.2.3.3 | Thermonukleare Sprengkörper | 40 |
| 1.2.3.4 | Kernwaffen in den sechs »Kernwaffenstaaten« . | 40 |
| 1.3 | Funktionsbedingungen für Reaktoren | |
| 1.3.1 | Allgemeines | 41 |
| 1.3.2 | Wechselwirkungen zwischen Atomkernen und Neutronen | 42 |
| 1.3.3 | Schnelle und langsame Neutronen in Reaktoren | 45 |
| 1.3.4 | Konverter-Reaktoren, Moderatoren | 48 |
| 1.3.5 | Schnelle und thermische Brutreaktoren | 51 |
| 1.3.6 | Kühlmittel | 52 |
| 1.3.7 | Steuerung und Regelung von Reaktoren | 54 |
| 1.4 | Reaktortypen | |
| 1.4.1 | Kriterien für die Wahl der Reaktortypen | 56 |
| 1.4.2 | Allgemeines zu thermischen Reaktoren | 57 |
| 1.4.3 | Gasgekühlte Reaktoren | |
| 1.4.3.1 | Magnox-Reaktoren (GGR) | 60 |
| 1.4.3.2 | Fortgeschrittene gasgekühlte Reaktoren (AGR) | 63 |
| 1.4.3.3 | Gasgekühlte Hochtemperatur-Reaktoren (HTR) | 64 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 1.4.4 | Wasser-Reaktoren | |
| 1.4.4.1 | Schwerwasser-Reaktoren | 67 |
| 1.4.4.2 | Leichtwasser-Reaktoren | 73 |
| 1.4.5 | Schnelle Brutreaktoren | 80 |
| 1.4.6 | Zusammenfassung | 87 |
| 1.5 | Die thermonukleare Fusion | 89 |
| 2 | Energiewirtschaft und Kernenergie | |
| 2.1 | Lage und Entwicklung der Energiewirtschaft | |
| 2.1.1 | Die Bedeutung der Energie für die Volkswirtschaft | 97 |
| 2.1.2 | Die Versorgung der Welt mit Energie | |
| 2.1.2.1 | Allgemeine Feststellungen | 99 |
| 2.1.2.2 | Die Entwicklung der Energieversorgung bis 1980 aus der Sicht vor der Ölkrise | 99 |
| 2.1.2.3 | Die Entwicklung der Energieversorgung bis 1985 aus heutiger Sicht | 108 |
| 2.1.2.4 | Langfristige Perspektiven der Energieversorgung | 113 |
| 2.1.2.5 | Die Vorräte an fossilen Brennstoffen | 114 |
| 2.1.3 | Die Energieversorgung der Europäischen Gemeinschaft | 117 |
| 2.1.4 | Die Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland | 120 |
| 2.2 | Energiepolitik | |
| 2.2.1 | Allgemeine Energiepolitik | |
| 2.2.1.1 | Strukturelle Eigenarten der Energiewirtschaft und energiepolitische Zielsetzungen | 124 |
| 2.2.1.2 | Die Ebenen der Energiepolitik | 127 |
| 2.2.1.3 | Motivierung einer internationalen Energiepolitik | 127 |
| 2.2.1.4 | Die Energiepolitik der Europäischen Gemeinschaft | 128 |
| 2.2.1.5 | Energiepolitik im Rahmen der OECD | 132 |
| 2.2.1.6 | Weltweite energiepolitische Auseinandersetzungen | 134 |
| 2.2.2 | Kohlewirtschaft/Kohlepolitik | |
| 2.2.2.1 | Entwicklung des deutschen Steinkohlenbergbaus | 137 |
| 2.2.2.2 | Maßnahmen zur Sicherung des Absatzes der deutschen Steinkohle | 142 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 2.2.2.3 | Die Gründung der Ruhrkohle AG | 143 |
| 2.2.2.4 | Die Steinkohle im Energieprogramm der Bundesregierung | 144 |
| 2.2.3 | Ölwirtschaft/Ölpolitik | |
| 2.2.3.1 | Weltölwirtschaft | 147 |
| 2.2.3.2 | Neue Ölvorkommen | 150 |
| 2.2.3.3 | Das Vorgehen der OPEC – Die Ölkrise | 155 |
| 2.2.3.4 | Die Entwicklung der Ölpreise | 160 |
| 2.2.3.5 | Das Recycling der Öldollars | 166 |
| 2.2.4 | Energiepolitische Folgerungen | 169 |
| 2.2.5 | Zusammenfassung | 172 |
| 2.3 | Elektrizitätswirtschaft | |
| 2.3.1 | Weltalektrizitätswirtschaft | 173 |
| 2.3.2 | Die Strombilanz der Bundesrepublik Deutschland | 178 |
| 2.3.3 | Die Struktur der deutschen Elektrizitätserzeugung | 185 |
| 2.4 | Die Rolle der Kernenergie in der Elektrizitätswirtschaft | |
| 2.4.1 | Installierte Kernkraftleistungen und Kernenergieprognosen | |
| 2.4.1.1 | Weltdaten | 190 |
| 2.4.1.2 | Europäische Gemeinschaft | 193 |
| 2.4.1.3 | Bundesrepublik Deutschland | 201 |
| 2.4.1.4 | DDR | 211 |
| 2.4.1.5 | Österreich | 211 |
| 2.4.1.6 | Schweiz | 212 |
| 2.4.2 | Die Wettbewerbsfähigkeit der Kernenergie | |
| 2.4.2.1 | Allgemeine Überlegungen | 214 |
| 2.4.2.2 | Verzerrungen der Wettbewerbsbedingungen mit Auswirkungen auf die Elektrizitätswirtschaft | 216 |
| 2.4.2.3 | Formeln für die Ermittlung der Stromerzeugungskosten von Kernkraftwerken | 217 |
| 2.4.2.4 | Die Kosten- und Wettbewerbsaussichten der deutschen Kernenergieerzeugung Ende 1971 | 219 |
| 2.4.2.5 | Seitherige Entwicklung der Kosten- und Wettbewerbsaussichten | 227 |
| 2.4.2.6 | Zusammenfassung | 234 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 2.4.3 | Leichtwasser-Reaktoren | |
| 2.4.3.1 | Bedeutung | 237 |
| 2.4.3.2 | Verfügbarkeiten/Stillstände | 238 |
| 2.5 | Investitionen – Nuklearindustrie | |
| 2.5.1 | Investitionen für die Kernenergie | 241 |
| 2.5.2 | Die amerikanische Kraftwerkindustrie | 244 |
| 2.5.3 | Die deutsche Kraftwerkindustrie | 246 |
| 2.5.4 | Die Kraftwerkindustrie in europäischen Nachbarländern | 248 |
| 2.6 | Entwicklung fortgeschrittener Reaktoren – Nuklearpolitik | |
| 2.6.1 | Warum fortgeschrittene Reaktoren? | 256 |
| 2.6.2 | Reaktorstrategien | 258 |
| 2.6.3 | Wirtschaftliche Aussichten der verschiedenen Reaktortypen | 264 |
| 2.6.4 | Die Förderung der Entwicklung von fortgeschrittenen Reaktoren | |
| 2.6.4.1 | Die Reaktorförderung in den deutschen Atomprogrammen | 268 |
| 2.6.4.2 | Die Entwicklung von Hochtemperatur-Reaktoren (HTR) in der Bundesrepublik | 271 |
| 2.6.4.3 | Europäische Kooperationen bei der Entwicklung und dem Bau von Hochtemperatur-Reaktoren | 275 |
| 2.6.4.4 | Die Zusammenarbeit zwischen Deutschland und den Benelux-Ländern bei der Entwicklung Schneller Brutreaktoren | 276 |
| 2.6.4.5 | Weitere Aussichten der Entwicklung von Schnellen Brutreaktoren | 281 |
| 2.6.4.6 | Der Gasbrüter | 283 |
| 2.6.4.7 | Der zukünftige Beitrag der Brüter-Kraftwerke zur Elektrizitätserzeugung | 284 |
| 2.6.5 | Probleme internationaler Kooperationen bei der Entwicklung von Reaktorlinien | 285 |
| 2.6.6 | Reaktorförderung im internationalen Wettbewerb | 290 |
| 2.7 | Andere Anwendungen der Kernenergie | |
| 2.7.1 | Allgemeines | 292 |
| 2.7.2 | Die friedliche Nutzung von Kernexplosionen | 294 |
| 2.7.3 | Der nukleare Schiffsantrieb | 297 |
| 2.7.4 | Meerwasserentsalzung | 302 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 2.7.5 | Nukleare Prozeßwärme | |
| 2.7.5.1 | Der Wärmemarkt | 305 |
| 2.7.5.2 | Das Potential des Hochtemperatur-Reaktors | 306 |
| 2.7.5.3 | Preis- und Kostenperspektiven | 308 |
| 2.7.5.4 | Für den Einsatz nuklearer Wärme in Betracht kommende Prozesse | 309 |
| 2.7.6 | Verwendung nuklearer Wärme zur Stahlerzeugung | 314 |
| 2.7.7 | Vorbereitung der industriellen Anwendung nuklearer Prozeßwärme | 316 |
| 2.7.8 | Ausblick | 319 |
| 2.8 | Neue Energien | |
| 2.8.1 | Windenergie | 320 |
| 2.8.2 | Gezeitenenergie | 320 |
| 2.8.3 | Geothermische Energie. | 321 |
| 2.8.4 | Sonnenenergie | 321 |
| 3 | Kernbrennstoffversorgung/Brennstoffzyklus | |
| 3.1 | Uran als Kernbrennstoff | 324 |
| 3.2 | Die Versorgung mit Natururan und Thorium | |
| 3.2.1 | Der Uranbedarf | 327 |
| 3.2.2 | Die Deckung des Uranbedarfs | |
| 3.2.2.1 | Uranreserven | 330 |
| 3.2.2.2 | Bedarf und Reserven an Uran | 333 |
| 3.2.2.3 | Förderkapazitäten und Prospektion. | 335 |
| 3.2.2.4 | Anstrengungen zur Sicherung der Versorgung mit Natururan | 336 |
| 3.2.3 | Die Versorgung mit Thorium | 338 |
| 3.3 | Die Urananreicherung | |
| 3.3.1 | Anreicherungsverfahren | 339 |
| 3.3.1.1 | Die Gasdiffusion | 339 |
| 3.3.1.2 | Die Gaszentrifuge (Ultrazentrifuge) | 342 |
| 3.3.1.3 | Die Trenndüse | 343 |
| 3.3.1.4 | Die Trennarbeitseinheit | 345 |
| 3.3.1.5 | Vergleich der Verfahren | 348 |
| 3.3.2 | Der Bedarf an angereichertem Uran. | 349 |
| 3.3.3 | | |
| 3.3.3.1 | Die amerikanischen Anlagen | 351 |
| 3.3.3.2 | Capenhurst'. | 353 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.3.3.3 | Pierrelatte | 353 |
| 3.3.3.4 | Zusammenfassung | 354 |
| 3.3.4 | Die Versorgung Europas mit angereichertem Uran | 354 |
| 3.3.5 | Projekte zur Errichtung von Anreicherungsanlagen in Europa | 358 |
| 3.3.5.1 | Die Initiativen der Europäischen Gemeinschaft | 359 |
| 3.3.5.2 | Pläne für eine europäische Gasdiffusionsanlage | 361 |
| 3.3.5.3 | Das Dreiländer-Abkommen zur Entwicklung der Gas-Ultrazentrifuge | 363 |
| 3.3.5.4 | Zusammenfassung | 366 |
| 3.3.6 | Andere Anreicherungsanlagen und -vorhaben | |
| 3.3.6.1 | Die Anreicherungsanlagen der sozialistischen Länder | 367 |
| 3.3.6.2 | Südafrika, Kanada, Australien und Brasilien. | 368 |
| 3.3.7 | Perspektiven der Deckung des Trennarbeitsbedarfs der westlichen Welt. | 369 |
| 3.4 | Brennelementfertigung | 370 |
| 3.5 | Entsorgung (Wiederaufbereitung, Abfallbeseitigung) | |
| 3.5.1 | Wiederaufbereitung | 374 |
| 3.5.2 | Beseitigung radioaktiver Abfälle | 382 |
| 3.6 | Plutonium | 385 |
| 4 | Sicherheit und Umwelt | |
| 4.1 | Allgemeine Betrachtungen | 390 |
| 4.2 | Die Strahlenbelastung | |
| 4.2.1 | Grundbegriffe. | 391 |
| 4.2.2 | Biologische Wirkungen | 392 |
| 4.2.3 | Tatsächliche Strahlenbelastung | 398 |
| 4.2.4 | Strahlenschutzbestimmungen | 400 |
| 4.3 | Reaktorsicherheit | |
| 4.3.1 | Grundsätzliches zur Sicherheit | 403 |
| 4.3.2 | Kernenergieanlagen und äußere Einwirkungen | 410 |
| 4.3.3 | Störfälle | 414 |
| 4.3.4 | Störfallanalysen-GAU | 421 |
| 4.3.5 | Reaktorsicherheitsprogramme | 425 |
| 4.3.6 | Zusammenfassung | 426 |

| | | | |
|----|--------|---|-----|
| 3 | 4.4 | Standortfragen/Kühlprobleme | |
| 4 | 4.4.1 | Allgemeine Vorbemerkungen | 430 |
| | 4.4.2 | Die natürlichen Umweltbedingungen | 431 |
| 4 | 4.4.3 | Bevölkerungsdichte in der Umgebung von Kern- energieanlagen | 431 |
| 8 | 4.4.4 | Das BASF-Projekt. | 433 |
| 9 | 4.4.5 | Die Kühlung | 434 |
| 1 | 4.4.6 | Wärmelastpläne | 437 |
| | 4.4.7 | Kraftwerke am oder im Meer | 441 |
| 3 | 4.4.8 | Wirtschaftliche Bestimmungsgründe für Stand- orte von Kernenergieanlagen | 442 |
| 6 | 4.5 | Genehmigungsverfahren | 443 |
| | 4.6 | Vergleichende Analyse | 452 |
| 7 | 4.7 | Grenzen der Energieerzeugung | 460 |
| 8 | 4.8 | Versicherung und Haftung | |
| 9 | 4.8.1 | Allgemeines | 469 |
| 0 | 4.8.2. | Haftung bei Schäden Dritter und Haftpflichtver- sicherung | 470 |
| | 4.8.3 | Die internationalen Konventionen über Ver- sicherung und Haftung. | 471 |
| 4 | 4.8.4 | Die Haltung der Bundesrepublik zu den beiden internationalen Konventionen | 473 |
| 2 | 4.8.5 | Die Versicherungswirtschaft | 474 |
| 5 | 4.9 | Der Atomwaffensperrvertrag | |
| | 4.9.1 | Das Verbot der Verbreitung von Kernwaffen | 475 |
| 0 | 4.9.2 | Die jüngste Entwicklung | 477 |
| | 4.9.3 | Kontrollen und Verifikationen | 481 |
| 1 | 4.9.4 | Atomwaffensperrvertrag und Weiterentwick- lung der Kernenergie für friedliche Zwecke . | 482 |
| 2 | 4.9.5 | Die Spaltstofffluß-Kontrolle | 483 |
| 8 | 5 | Die jüngsten Ereignisse | |
| 0 | 5.1 | Die letzte Erhöhung der Ölpreise | 485 |
| | 5.2 | Revidierte Voraussagen über die Elektrizitäts- versorgung | 487 |
| 13 | 5.3 | Langfristige Aussichten der Energieversorgung | 488 |
| 0 | 5.4 | Der Streit um die Wettbewerbsfähigkeit der Kernenergie | 491 |
| 4 | | | |
| 11 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.5 | Ist die Versorgung mit Natururan gesichert? | 492 |
| 5.6 | Brokdorf und die Folgen | 493 |
| 5.6.1 | Die Ereignisse in Brokdorf | 493 |
| 5.6.2 | Die Folgen von Brokdorf | 494 |
| 5.7 | Kohle und Kernenergie | 496 |
| 5.8 | Ein Entsorgungszentrum in Niedersachsen? | 497 |
| 5.9 | Schweden und die Vereinigten Staaten | 498 |
| 5.9.1 | Atomwaffensperrvertrag – sensitive Anlagen | 499 |
| | Nachwort | 501 |
| | Literaturhinweise | 502 |
| | Register | 506 |