

Stichpunkte:

Basiswissen zum Schnellen Brüter

1. Grundsätzliches

Der Schnelle Brüter ist folgendermaßen charakterisiert:

- er nützt das natürliche Uran etwa 60...80 mal besser aus als gängige Leichtwasserkernkraftwerke;
- er verwendet schnelle Neutronen für die Kernreaktionen;
- er benutzt flüssiges Natrium als Kühlmittel zur Abfuhr der erzeugten Wärme.

Die bekannten Uranvorräte der Erde reichen:

- bei Verwendung in konventionellen Leichtwasserreaktoren einige hundert Jahre;
- bei Verwendung in schnellen Brütern: einige zehntausend Jahre.

Das bedeutet, daß der Schnelle Brüter kann das Problem der Energieressourcen für sehr lange Zeit lösen.

1.1. Der Reaktorkern

des Schnellen Brüters ist aus zwei Zonen aufgebaut

- die innere Spaltzone, bestehend aus ca. 20% Plutoniumoxid und ca. 80% Natururanoxid (Mischoxid, genannt MOX) bewirkt die Energieerzeugung durch Kernspaltungen;
- die umgebende Brutzone, bestehend aus Uranoxid mit natürlichem oder angereichertem Uran, bewirkt das Erbrüten von (wieder spaltbaren) Plutonium durch schnelle Neutronen.

1.2. Für den Brennstoffkreislauf

des Schnellen Brütters sind also unbedingt erforderlich:

- Anlagen zur Fertigung MOX-haltiger Brennelemente für die Spaltzone;
- Anlagen zur Wiederaufarbeitung des erbrüteten Plutoniums in der Brutzone.

Beachte: Beide Anlagen sind derzeit in Deutschland aus politischen Gründen nicht zugelassen.

Aber: Der Schnelle Brüter selbst benötigt keine Anlagen zur Anreicherung von Uran.

1.3. Die Brutrate

ist ein Maß für das erzeugte Plutonium und zwar der Quotient des entnommenen Plutoniums zum eingebrachten.

Sie kann durch Variation des Reaktorkerns geregelt werden:

- kleine Brutzone: Brutrate < 1 , geringe Plutoniumerzeugung;
- mittelgroße Brutzone: Brutrate $= 1$, mittlere Plutoniumerzeugung;
- große Brutzone: Brutrate $1 - 1,25$, Plutoniumerzeugung im Überschuß.

Beachte: Bei Einstellung kleiner Brutraten kann der Brüter auch zum Nettoverbrauch von Plutonium, also zum Abbau von Plutoniumvorräten aus dem LWR-Betrieb benutzt werden.

1.4. Das Wärmeabfuhrsystem

des Brütters bewirkt die Übertragung der Wärmeenergie von den Brennelementen zur Turbine über drei Kreisläufe hinweg:

- Primärkreislauf, Kühlmittel ist radioaktives Natrium;
- Sekundärkreislauf, Kühlmittel ist nichtradioaktives Natrium;
- Tertiärkreislauf, Kühlmittel ist Wasser bzw. Wasserdampf.

Beachte: Alle Kreisläufe sind aus Sicherheitsgründen doppelt bzw. dreifach ausgelegt. Bei Lecks im Dampferzeuger verhindert der Sekundärkreislauf die Rückwirkungen auf den Reaktorkern.

1.5. Wärmeabfuhrsysteme

Es werden weltweit zwei Bauarten unterschieden:

- Loop-System, das Primärsystem ist außerhalb des Reaktortanks;
- Pool-System, das Primärsystem ist innerhalb des Reaktortanks.

1.6. Kühlmittel Natrium

Das Alkalimetall Natrium hat folgende Vorteile:

- hervorragende Wärmeleitfähigkeit, deswegen Druckbeaufschlagung (wie bei LWR) nicht erforderlich;
- hoher Sicherheitsabstand von Betriebstemperatur (ca. 550 °C) zu Siedetemperatur (ca. 900 °C);
- geringe Korrosionswirkung auf Komponenten;
- geringe Abbremsung (Moderation) der schnellen Neutronen;
- besonders wichtig: Naturumlauffähigkeit, d.h. die Nachwärme kann passiv, also ohne Pumpen abgeführt werden („inhärente Sicherheit“ des Brüters).

Nachteil des Natriums:

Chemische Reaktion mit Luft und Wasser bei Störfällen. Alternative Kühlmittel (Helium, Wasserdampf, Blei etc) wurden untersucht aber verworfen.

1.7. Steuerung und Abschaltung

Die Leistungsänderungen erfolgen im Schnellen Brüter

- über Borkarbidstäbe (wie beim LWR);
- durch Nutzung der verzögerten Neutronen (wie bei LWR).

Weiterhin entscheidende Regelungsmerkmale:

- der Leistungskoeffizient ist negativ, d.h. selbstregulierend (wie bei LWR);
- kleine Reaktivitätseffekte wegen Nutzung schneller Neutronen (kleiner als bei LWR).

2. Deutsche Brüterprojekte

- KNK II gebaut und betrieben;
- KKW Kalkar gebaut aber nicht betrieben;
- SNR 2 und EFR geplant aber nicht gebaut.

Beachte: Das KKW Kalkar wurde in der Frühphase SNR 300 (Schneller Natriumgekühlter Reaktor mit 300 MWe) genannt.

2.1. Daten zu KNK II

- Leistung 20 MWe, MOX-Kern, Loop-Ausführung;
- Betrieb 1977-1991;
- Standort Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK);
- Bauherr KfK;
- Erbauer Interatom (Tochterfirma von KWU/Siemens);
- Betreiber KBG (Tochterfirma von Badenwerk).

Wesentliche Betriebsergebnisse der KNK II

- Abbrand MOX-Kern 100.000 MWd/t;
- Abbrand einzelnes BE 175.000 MWd/t;
- Wiederaufarbeitung und Refabrikation einiger MOX-Brennelemente;
- zahlreiche Versuche zu Natriumtechnologie, Brüterphysik und Materialbestrahlung;
- Abschaltung 1991 (nach Abbruch des Projekts KKW Kalkar).

2.2. Daten zum KKW Kalkar

- Leistung 300 MWe, Loop-Ausführung;
- Brutrate 0,97 (später vorgesehen: 1,2);
- Baubeginn 1973;
- Fertigstellung 1986 (nach mehreren Unterbrechungen);

- Projektabbruch 1991;
- Standort Kalkar (Niederrhein);
- Bauherr/Betreiber RWE (mit holländ./belgischen Partnern);
- Erbauer Interatom (mit holländ./belgischen Partnern);
- Lieferant Kern Nukem/Alkem (mit holländ./belgischen Partnern);
- F+E KfK, Interatom (mit holländ./belgischen Partnern).

2.3. Probleme bei der Abwicklung des KKW Kalkar

- zahlreiche Prozesse (u.a. zweimal vor Bundesverfassungsgericht);
- ständige politische Behinderungen (u.a. 4-jährige Projektunterbrechung Enquetekommission Bundestag);
- zahlreiche technische Auflagen über internationalem Stand der Technik (Erdbeben, Flugzeugabsturz, Bodenkühleinrichtung etc.);
- Nichterteilung der Betriebsgenehmigung durch Land NRW (wegen Kohlevorrangpolitik, Tschernobyl etc.).

2.4. Kosten des KKW Kalkar

- geplante Kosten ca. 1,7 Mrd. DM;
- tatsächliche Kosten ca. 7,0 Mrd. DM (1973 – 91);
- Kostenträger: ca. 1,5 Mrd. DM durch Industrie,
ca. 1,0 Mrd. DM durch ausländische Partner,
ca. 4,5 Mrd. DM durch Bund.

1995 wurde die fertiggestellte Brüteranlage samt Gelände für 0,005 Mrd. DM an einen holländischen Unternehmer verkauft, der daraus einen Freizeitpark machte. Jetziger Name: „Kernwasser-Wunderland“.

Beachte: Kohlesubventionen des Bundes an Nordrhein-Westfalen und Saarland während Projektlaufzeit: mehr als 100 Mrd. DM (einschließlich Knappschafft).

3. Planung von Großbrütern

SNR 2

- Konzeption in Loop- und (später) Poolausführung;
- Leistung ca. 1200 MWe;
- Planungsphase 1975 – 1990.

EFR

- Konzeption in Poolausführung;
- Leistung; ca. 1500 MWe;
- Planungsphase 1989 – 1994;
- deutsch-französisch-britisches Gemeinschaftsprojekt.

4. Internationale Brüterprojekte

Übersicht der wichtigsten Brüterprojekte weltweit.

Unberücksichtigt: Ältere Anlagen und Projekte im Planungszustand.

LAND	ANLAGE	LEISTUNG	BETRIEBSZEIT
Frankreich	Rapsodie	24/40 MWth	1967 – 1983
	Phenix	250 MWe	1974 –
	Superphenix	1250 MWe	1985 - 1998
Großbritannien	DFR	15 MWe	1959 – 1977
	PFR	250 MWe	1976 – 1994
Japan	Joyo	100 MWth	1977 –
	Monju	300 MWe	1994 -
Russland (bzw. UdSSR)	BR5/BR10	5/10 MWth	1958 –
	Bor-60	12 MWe	1969 –
	BN 350	150 MWe	1973 –1998
	BN 600	600 MWe	1980 –
USA	EFBR	66 MWe	1963 – 1972
	EBR 2	20 MWe	1965 – 1994
	FFTF	400 MWth	1980 -
Indien	FBTR	15 MWe	1985 -
China	CEFR	25 MWe	ab 2003 -

5. Literatur (Auswahl)

- W. Marth, „Der Schnelle Brüter SNR 300 im Auf und Ab seiner Geschichte“, Report KFK 4666 (Kernforschungszentrum Karlsruhe), März 1992.
- G. Keßler et al. „Status Of Liquid Metal Cooled Fast Breeder Reactors“, Technical Report Series Nr 246, IAEA, Vienna 1985.
- J. Höchel et al. „Entwicklung und Betrieb von Brennelementen für natriumgekühlte Brutreaktoren in Deutschland“, Atomenergie Bd. 36, Lfg. 4 1980.
- M. Köhler, W. Marth, „The German Fast Breeder Programm (A Historical Overview), Energy, Vol. 23, Nr. 7/8, 1998.

Zusammengestellt von Dr. Willy Marth, Karlsruhe

E-mail: willy.marth@01019freenet.de