

Inhaltsverzeichnis

<u>15 Reaktortypen</u>	1
15.1 Brennstoffvarianten	1
15.2 Moderatoren	3
15.3 Kühlmittel	3
15.4 Brennstoffhülle	3
15.5 Leistungsreaktortypen	4
<u>16 Reaktorwärm 技术</u>	6
16.1 Leistungsdichteverteilung	6
16.2 Temperaturfeld im Brennstoff	7
16.3 Wärmeübertragung im Spalt zwischen Brennstoff und Hülle	13
16.4 Temperaturverlauf in der Brennstoffhülle	16
16.5 Axiale Temperaturverteilung	18
16.6 Wärmeübergang von der Brennelementoberfläche zum Kühlmittel	22
16.6.1 Wärmeübergang ohne Sieden	23
16.6.2 Wärmeübergang beim Sieden	26
16.7 Druckverlust im Reaktorkern	35
<u>17 Brennelemente</u>	42
17.1 Brennstabauslegung	44
17.1.1 Formänderungen des Brennstoffs	45
17.1.2 Formänderungen des Hüllrohrs	47
17.1.3 Spaltprodukte	48
17.1.4 Abbrandverhalten des Brennstabs	52
17.2 Metallische Brennelemente	54
17.3 Brennelemente mit "coated particles"	56

<u>18 Druckwasserreaktor</u>	58
18.1 Brennelemente	58
18.2 Reaktorkernaufbau	63
18.3 Reaktordruckbehälter	67
18.4 Kernbehälter	70
18.5 Oberes Kerngerüst	70
18.6 Kühlmittelführung	71
18.7 Regelstabantrieb	72
18.8 Qualitätssicherung des Reaktordruckbehälters	75
18.9 Druckwasserreaktoren anderer Bauart	81
<u>19 Siedewasserreaktor</u>	85
19.1 Verschiedene Reaktorkonzepte	86
19.2 Brennelemente	87
19.3 Reaktorkernaufbau	89
19.4 Druckbehälter	94
19.5 Einbauten	95
19.6 Kühlmittelführung	96
19.7 Steuerstabantrieb	97
19.8 Siedewasserreaktor mit Strahlpumpen	100
19.9 Siedewasserreaktor als graphitmoderierter Druckröhrenreaktor	101
<u>20 Schwerwasserreaktoren</u>	105
20.1 Der schwerwassermoderierte und -gekühlte Druckkesselreaktor	106
20.2 Schwerwassergekühlte Druckröhrenreaktoren	109
<u>21 Gasgekühlte Reaktoren</u>	111
21.1 Magnoxreaktor	111
21.2 Advanced Gascooled Reaktor (AGR)	115
21.3 Hochtemperaturreaktor	118
<u>22 Schneller Brutreaktor</u>	125
22.1 Bedeutung der Brutreaktoren	125
22.2 Kernaufbau des Schnellen Brüters	131
22.2.1 Kernaufbau des SNR-300	132
22.2.2 Kernaufbau des Super-Phénix	134
22.3 Reaktoraufbau beim Loop-Typ	136
22.4 Reaktoraufbau beim Pool-Typ	139

<u>23 Reaktorkernauslegung</u>	141
23.1 Kernauslegung des Druckwasserreaktors	141
23.2 Kernauslegung des Siedewasserreaktors	152
23.3 Auslegung eines gasgekühlten Hochtemperaturreaktors	159
23.4 Auslegung eines natriumgekühlten Schnellen Brutreaktors	161
<u>24 Primärkühlkreislauf des Druckwasserreaktors</u>	164
24.1 Hauptförderpumpen	165
24.2 Dampferzeuger	169
24.3 Druckhalter	173
24.4 Rohrleitungen	176
24.5 Kreislaufauslegung	177
<u>25 Hauptkreislauf des Siedewasserreaktors</u>	180
25.1 Kühlmittelumwälzpumpen	181
25.1.1 Interne axiale Kreiselpumpen	182
25.1.2 Interne Jetpumpen	187
25.2 Dampfkreislauf	188
25.3 Abschlußarmaturen	192
25.4 Druckentlastungssystem	193
25.5 Kreislaufauslegung	196
<u>26 Primärkühlsystem der gasgekühlten Reaktoren</u>	197
26.1 Kühlgasgebläse	198
26.2 Dampferzeuger	203
26.3 Auslegung der Hauptkühlkreisläufe	205
<u>27 Hauptkühlsystem des natriumgekühlten Schnellen Brüters</u>	207
27.1 Natrium-Umwälzpumpen	210
27.2 Natrium-Zwischenwärmetauscher	212
27.3 Dampferzeuger und Überhitzer	214
27.4 Armaturen	215
27.5 Rohrleitungen	216
<u>28 Brennstoffabbrand</u>	217
28.1 Brennelementeinsatz im Reaktor	217
28.2 Spaltstoffkonzentration	218
28.3 Spaltprodukte	222
28.3.1 Reaktivitätsverminderung durch Spaltprodukte	222
28.3.2 Brennelement-Umsetzplan	230

28.3.3	Nachwärmeerzeugung der Spaltprodukte	233
28.3.4	Radioaktivität der Spaltprodukte	233
28.3.5	Druckaufbau durch Spaltgase	234
28.3.6	Brennstoffschwellen	234
29	Reaktormeßtechnik	235
29.1	Neutronenmeßtechnik	236
29.1.1	Ionisationsdetektoren	238
29.1.1.1	Ionisationskammer	238
29.1.1.2	Proportionalzählrohre	239
29.1.1.3	Auslösezählrohre	240
29.1.1.4	Halbleiterdetektoren	241
29.1.2	Szintillationsdetektoren	241
29.1.3	Thermosonden	242
29.2	Neutronendetektoren	242
29.2.1	γ -Kompensation	244
29.2.1.1	γ -Kompensation mit Vergleichskammern .	244
29.2.1.2	γ -Kompensation durch Wechselstrom- betrieb von Ionisationskammern	245
29.3	Bestimmung der nuklearen Reaktorleistung	246
29.3.1	Neutronenflußmeßsysteme	247
29.3.2	Die Reaktorperiode	249
29.3.3	Aktivierung zur Messung der FlußdichteVerteilung	250
29.3.4	γ -Strahlmessung	250
29.3.5	$N-16$ -Messung	251
29.3.6	\checkmark erenkov-Strahlung	251
30	Reaktordynamik	252
30.1	Analyse des dynamischen Verhaltens	252
30.2	Inhärente Sicherheit	253
30.3	Selbstregelndes Verhalten	254
30.4	Grundgleichungen der Reaktordynamik	255
30.5	Reaktivitätskoeffizienten	257
30.6	Reaktordynamische Gleichungen	260
30.7	Dynamik des Hauptkühlkreislaufs	262
30.8	Dynamik der Gesamtanlage	263
30.9	Reaktorsimulatoren	265
30.10	Instationäres Betriebsverhalten und Störfälle	266
30.10.1	Betriebsvorgänge	267

30.10.2 Störungen	267
30.10.3 Störfälle	267
30.11 Typische Diagramme des dynamischen Verhaltens	269
30.11.1 Lastsprung $\pm 10\%$ bei einem Druckwasserreaktor .	269
30.11.2 Reaktorschneellschaltung bei einem Druckwasserreaktor.	270
30.11.3 Turbinenschneellschluß mit Stabeinwurf beim Druckwasserreaktor.	272
30.11.4 Unkontrolliertes Ausfahren der Steuerelemente bei Vollast	273
30.11.5 Auswurf eines Steuerelements.	275
30.11.6 Ausfall einer Zwangsumlaufpumpe beim Siedewasserreaktor.	276
30.12 Schwere Störfälle	277
<u>Literaturverzeichnis</u>	278
<u>Sachverzeichnis</u>	283