

Inhaltsverzeichnis

1 Vorwort

(R. Quack, J. Wachter)	1
1.1 Konzeption des Forschungsprogramms	2
1.2 Wärmefreisetzung und Wärmeübertragung	5
1.2.1 Wärmefreisetzung aus fossilen Brennstoffen	5
1.2.2 Abgasentstaubung	6
1.2.3 Wärmefreisetzung aus Kernreaktionen	8
1.2.4 Wärmetransport	8
1.2.5 Photoakustisches Konzentrationsmeßverfahren	9
1.3 Energiewandlung und Strömung	10
1.3.1 Thermohydraulik im Core	10
1.3.2 Endstufenversuchsstand	10
1.3.3 Magnetitschutzschicht	12
1.3.4 Abwärme	13
1.4 Kraftwerksleittechnik	14
1.4.1 Prozeßrechnereinsatz im Kraftwerk für leittechnische Aufgaben	15
1.4.1.1 Langzeitüberwachung	16
1.4.1.2 Experimentelle Identifikation von Mehrgrößensystemen	16
1.4.1.3 Optimale Regelung	17
1.4.1.4 Informationsaustausch zwischen Bedienungspersonal und Anlage	17
1.4.2 Störfallanalyse und optimale Störfallbeseitigung, Simulation von Kraftwerksblöcken, Strukturoptimale Regelung	18
1.5 Schlußbemerkung	20
1.6 Literatur	21

2 Wärmefreisetzung und Wärmeübertragung in Dampferzeugerfeuerungen (TP A 1/2)

(R. Dolezal, W. Zinser, K. Görner, G. Kalmbach, M. Seeger)	25
2.1 Einleitung	25
2.2 Grundlagen der Modellbildung für technische Flammen	26
2.2.1 Transportgleichungen	28
2.2.2 Turbulenz	29
2.2.3 Strahlungsaustausch	31
2.2.4 Reaktionsabläufe in technischen Brennstoffen	31
2.2.5 Berechnungsbeispiele	32

2.3	Meßmethoden für technische Flammen	33
2.3.1	Allgemeines	33
2.3.2	Berührungslose Meßtechniken	34
2.3.2.1	Strahlungsmessung	34
2.3.2.2	LASER-Doppler-Anemometrie	37
2.4	Mathematische Modelle	37
2.4.1	Feuerraummodelle	37
2.4.2	Das Strömungsmodell und dessen numerische Lösung	38
2.4.2.1	Transportgleichungen und Turbulenzmodell	38
2.4.2.2	Druckgleichung	39
2.4.2.3	Lösung der Transportgleichungen	39
2.4.2.4	Lösung der Druckgleichung	40
2.4.3	Modelle zur Berechnung des Wärmestrahlungsaustausches	41
2.4.3.1	Zonenverfahren	41
2.4.3.2	Monte-Carlo-Methode	44
2.4.3.3	Modellierung der optischen Eigenschaften der Feuerraumsuspension	45
2.4.4	Berechnungsbeispiele	46
2.4.4.1	Isotherme Strömungsberechnungen	46
2.4.4.2	Wärmeaustauschberechnungen	47
2.5	Literatur	50
3	Zur Auswirkung der Turbulenz in elektrischen Abscheidern (TP A 3)	
	(H. Gross)	53
3.1	Allgemeines	53
3.2	Ein mathematisches Abscheidermodell mit Turbulenzeinfluß	56
3.3	Berechnungen mit dem Diffusionsmodell	59
3.4	Experimentelle Arbeiten	60
3.4.1	Versuchsanlage	60
3.4.2	Auswertung	61
3.4.2.1	Strömungsprofil im Elektroabscheider	61
3.4.2.2	Schubspannung	62
3.4.2.3	Ermittlung von D_{eff}	64
3.4.2.4	Partikelgeschwindigkeit im elektrischen Feld	66
3.5	Schlußfolgerungen	70
3.6	Literatur	71

**6 Wärmetransporteigenschaften von Leichtwasserreaktor-Brennstäben
(TP A 5)**

<i>(G. Neuer, R. Brandt, T. Nguyen Minh)</i>	115
6.1 Bedeutung der Wärmetransporteigenschaften	115
6.2 Wärmeleitung	117
6.2.1 Die Wärmeleitfähigkeit von UO_2 – Literaturstudie	117
6.2.1.1 Allgemeines	117
6.2.1.2 Die Wärmeleitfähigkeit von unbestrahltem, stöchiometrischem UO_2 hoher Dichte	118
6.2.1.3 Einfluß der Porosität	120
6.2.1.4 Einfluß des Sauerstoffgehalts	122
6.2.1.5 Einfluß der Bestrahlung	122
6.2.2 Wärmeleitfähigkeit des Hüllmaterials mit Oxidbildung	123
6.2.2.1 Allgemeines	123
6.2.2.2 Meßverfahren	123
6.2.2.3 Probenbeschreibung	124
6.2.2.4 Meßdurchführung	124
6.2.2.5 Meßergebnisse	125
6.3 Wärmeübergangskoeffizient Pellet–Hülle	127
6.3.1 Stand des Wissens und Auswahl des Meßverfahrens	127
6.3.2 Meßprogramm und Probenbeschreibung	129
6.3.3 Meßergebnisse	130
6.3.4 Diskussion der Meßergebnisse	133
6.4 Optische Konstanten von UO_2	135
6.5 Literatur	137

**7 Die photoakustische Infrarot-Laserspektroskopie zur Schadgasanalyse
(TP A 7)**

<i>(K. Stephan, W. Hurdelbrink)</i>	141
7.1 Einführung	141
7.2 Der photoakustische Effekt	142
7.2.1 Allgemeines	142
7.2.2 Versuchseinrichtung	143
7.3 Vergleich Transmission/Photoakustik	144
7.4 Das photoakustische Signal und Störsignale	145
7.5 PA-Signal-Messungen und Nachweisgrenze	147
7.6 Zusammenfassung und Ausblick	151
7.7 Literatur	152

8 Endstufenversuchsstand (TP B 2)
(J. Wachter, G. Eyb, R. Maier, J. Messner, W. Moser, R. Pfeiffer, K.-P. Zwiener) 153

8.1 Einleitung, Zielsetzungen 153

8.2 Versuchsanlage 154

8.3 Strömungs- und Kennfelduntersuchungen 157

 8.3.1 Allgemeines 157

 8.3.2 Meßtechnik, Meßwerterfassung 157

 8.3.3 Stationäre Strömungsmessungen 160

 8.3.4 Instationäre Strömungsmessungen 163

 8.3.5 Wirkungsgraduntersuchungen 165

 8.3.6 Zusammenfassung 168

8.4 Schwingungsuntersuchungen an axialen Turbinenbeschaukelungen . 168

 8.4.1 Einleitung 168

 8.4.2 Allgemeine Betrachtungen zum Schwingungsverhalten von Turbinenbeschaukelungen und zu deren Anregungsbedingungen 169

 8.4.3 Versuchsergebnisse von freistehenden Turbinenlaufschaukeln 172

 8.4.4 Untersuchung von gekoppelten Niederdrucklaufschaukeln . . . 179

 8.4.5 Zusammenfassung 182

8.5 Zusammenfassung, Ausblick 183

8.6 Literatur 183

9 Simulation des Kraftwerksblockes zwecks Störfallanalyse und optimaler Störfallbeseitigung (TP C 3/4)
(R. Doležal, G. Riemenschneider) 187

9.1 Einleitung 187

9.2 Dynamik einfacher Wärmetauscher 188

 9.2.1 Bilanzgleichungen 188

 9.2.2 Besonderheiten des Kesselmodells sowie Vor- und Nachteile der analytischen Lösung 188

 9.2.3 Die Ersatzfunktion 190

 9.2.4 Bestimmung von k bei zwei Strömen 191

 9.2.5 Definition der Entkopplung 192

 9.2.6 Überprüfung des Simulationsmodells durch Vergleich mit Messungen an einem Einzelwärmetauscher 192

 9.2.7 Richtung der Fortpflanzung einer Störung 194

 9.2.7.1 Berücksichtigung der Impulsbilanz 194

 9.2.7.2 Rechenverfahren „stromabwärts“ 195

 9.2.7.3 Rechenverfahren „stromaufwärts“ 196

9.3 Modell des Dampferzeugers und des Kraftwerksblockes 196

9.4 Störfallanalyse und ihr Einsatz	197
9.4.1 Die Störfallanalyse	197
9.4.2 Optimale Behebung des Störfalles	198
9.4.3 Vergleich der Messung mit der Simulation	201
9.4.3.1 Störfall „Speisepumpenausfall“	201
9.4.3.2 Durchlaufkessel	202
9.4.3.3 Trommelkessel	202
9.5 Zusammenfassung	205
9.6 Literatur	205
10 Strukturoptimale Regelung von Kraftwerksblöcken über große Lastbereiche (TP C 5)	
<i>(E. Welfonder)</i>	207
10.1 Einleitung	207
10.2 Wirkungsweise und Handhabbarkeit des strukturoptimalen Regelkonzeptes	208
10.3 Vorgabe eines linearen Prozeßdynamikmodells	214
10.3.1 Experimentell ermitteltes lineares Prozeßdynamikmodell	217
10.3.2 Einfaches nichtlineares Prozeßdynamikmodell	217
10.3.3 Zeitdiskrete Prozeßzustandsbetrachtung	220
10.4 Entwurf des strukturoptimalen Mehrgrößenregelkonzeptes	221
10.4.1 Regelkonzept bezüglich Anfangswertstörungen	223
10.4.2 Regelkonzept bezüglich sprungförmiger Führungsgrößenänderungen	224
10.4.3 Regelkonzept bezüglich sprungförmiger Störgrößen	226
10.4.4 Regelkonzept bezüglich dynamischer Führungsgrößenänderungen	226
10.4.5 Auslegung des Prozeßbeobachters	230
10.4.6 Überlagerte Integralregelung	233
10.4.7 Ausdehnung des strukturoptimalen Regelkonzeptes auf große Lastbereiche	233
10.5 Realisierung der strukturoptimalen Mehrgrößenregelung	237
10.5.1 Realisierung des strukturoptimalen Regelkonzeptes mittels Prozeß-/Mikrorechners	237
10.5.2 Realisierung des strukturoptimalen Regelkonzeptes mittels digitaler Leittechniksysteme	238
10.5.3 Zuverlässigkeit des realisierten strukturoptimalen Regelkonzeptes	240
10.6 Zusammenfassung	241
10.7 Literatur	242
A Dokumentarischer Anhang	245