



---

**Forschungszentrum Karlsruhe**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

---

**Wissenschaftliche Berichte**  
FZKA 7376

**Investigations of the  
VVER-1000 Coolant Transient  
Benchmark Phase 1 with the  
Coupled Code System  
RELAP5/PARCS**

**V. H. Sánchez-Espinoza**

Institut für Reaktorsicherheit  
Programm Nukleare Sicherheitsforschung

**Juli 2008**



**Forschungszentrum Karlsruhe**

in der Helmholtz-Gemeinschaft

Wissenschaftliche Berichte

FZKA 7376

Investigations of the VVER-1000 Coolant Transient  
Benchmark Phase 1 with the Coupled Code Sys-  
tem RELAP5/PARCS

Víctor Hugo Sánchez-Espinoza

Institut für Reaktorsicherheit

Programm Nukleare Sicherheitsforschung

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

2008

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH**  
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft  
Deutscher Forschungszentren (HGF)

ISSN 0947-8620

urn:nbn:de:0005-073760

# Untersuchung des VVER-1000 Kühlmitteltransiente Benchmarks Phase 1 mit dem gekoppelten Programmsystem RELAP5/PARCS

## Zusammenfassung

In Rahmen der F&E Aktivitäten im Bereich "Multiphysikmethoden zur Auslegung und Sicherheitsbewertung von Reaktorsystemen" beteiligt sich das Institut für Reaktorsicherheit des Forschungszentrums Karlsruhe an der Validierung und Qualifizierung von gekoppelten Sicherheitsanalysecodes im Rahmen von internationalen Programmen wie z.B. das CAMP (Code Application and Maintenance Program) der US Nuclear Regulatory Commission. Diese Arbeiten sind von großer Bedeutung zur Verbesserung der Aussagefähigkeit numerischer Codes sowie zur Forcierung der Verbreitung und Akzeptanz fortschrittlicher gekoppelter Programmsysteme. Die VVER-1000 Benchmark Phase 1 zur Untersuchung einer Kühlmitteltransiente (V1000-CT), verursacht durch das Wiederanfahren einer Hauptkühlmittelpumpe, bietet eine einmalige Gelegenheit, reale Reaktordaten (des Kernkraftwerks Kozloduy) zur Qualifizierung nicht nur der Thermohydraulik (RELAP5) sondern auch der Neutronik (PARCS) von Programmsystemen zu verwenden. Die zu untersuchende Anlagentransiente wurde bei der Inbetriebnahme des Kozloduy Kernkraftwerkes gefahren, wobei die Anlage mit nur drei Kühlmittelpumpen und einer Leistung von 824 MWth betrieben wurde. Ausgelöst wurde die Transiente durch das Wiederanfahren der Kühlmittelpumpe Nr. 3, wodurch sich die mittlere Kühlmitteltemperatur im Reaktordruckbehälter reduzierte. Infolgedessen konnte ein Leistungsanstieg aufgrund der Moderator- und Dopplerkoeffizienten gemessen werden. Das Benchmark beinhaltet folgende Aufgaben: a) integrale Anlagensimulation mit Punktkinetik b) Kernsimulation mit 3D Thermohydraulik- und Neutronenkinetikmodellen und c) integrale Anlagensimulation aus der Kombination von a) und b). Bereits vor dem Versuchbeginn herrschten komplexe thermohydraulische Bedingungen im Reaktordruckbehälter, insbesondere im Ringraum und im oberen Plenum, aufgrund der Rückströmung durch den 3. Strang. Durch das Wieder-Anfahren der Kühlmittelpumpe begann unmittelbar nach dem Versuchstart die Strömungsumkehr im 3. Strang. Bei zirka 13 Sekunden konnte der Nominalmassenstrom dort wieder erreicht werden. Die Reaktorleistung stabilisierte sich bei einem höheren Wert durch die positive Reaktivitätszufuhr während der Erhöhung des Massendurchsatzes im Kern.

Zur Simulation der genannten Benchmark-Aufgaben wurde ein detailliertes Anlagenmodell der kompletten VVER-1000 Reaktoranlage für RELAP5 und PARCS erstellt. Diese Modelle wurden schrittweise getestet, so dass das Experiment mit unterschiedlichen Methoden d.h. mit einem vereinfachten Thermohydraulik-Kernmodell und ein Punktkinetik sowie mit einem 3D Thermohydraulik/Neutronenkinetik-Kernmodell untersucht werden konnte.

In diesem Bericht werden die Besonderheiten der Reaktoranlage sowie die entwickelten Modelle im Detail vorgestellt. Der Vergleich von berechneten Ergebnissen mit den verfügbaren Messdaten wird ausführlich dargestellt und diskutiert. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Programmsystem RELAP5/PARCS gut geeignet ist, komplexe Transienten realer Anlagen unter Berücksichtigung der Thermohydraulik-Neutronik-Wechselwirkungen zu simulieren. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass mehrdimensionale Thermohydraulik-Modelle notwendig sind, um die Kühlmittelvermischungsvorgänge im Reaktordruckbehälter besser zu beschreiben.