

Kurzfassung der Dissertation

## **Eine schnelle numerische Lösung der Neutronendiffusionsgleichungen nach dem Wellendigitalprinzip**

Thomas Lutter

*Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum*

Viele partielle Differentialgleichungen sind nicht analytisch lösbar. Um diese Differentialgleichungen lösen zu können, werden numerische Verfahren verwendet. Ein Verfahren, diese Differentialgleichungen zu lösen, ist der Entwurf eines zeitdiskreten Systems, das auf Wellendigital-Prinzipien basiert. Mit diesem Verfahren lassen sich auch die Neutronendiffusionsgleichungen numerisch integrieren, die das Verhalten eines Kernreaktors beschreiben. Leider sind bisherige auf Wellendigital-Prinzipien beruhende Ansätze zur Lösung dieser Neutronendiffusionsgleichungen sehr langsam. Aus diesem Grund wurden Überlegungen angestellt, wie die Rechenzeiten dieses Verfahrens verkürzt werden können. Hierzu gehört, dass anstelle von MATLAB die Programmiersprache C/C++ verwendet wird. Weitere Effizienzsteigerungen werden durch die Verwendung effizienter Wellendigitaldarstellung von ohmschen Widerständen, die Vermeidung von Permutationsmatrizen, die effiziente Multiplikation der lichten Matrizen sowie durch Multigrid-Techniken erreicht. Ferner werden Berechnungen, die nicht zum weiterrechnen benötigt werden, nicht in jeder Iteration, sondern am Ende der Simulation durchgeführt. Die in der Arbeit angegebenen Simulationen zeigen, dass die Simulationszeiten erheblich reduziert werden konnten.

In bisherigen Arbeiten mit Hilfe von Wellendigital-Prinzipien sind für den 3D-Fall der Neutronendiffusionsgleichungen ausschließlich quaderförmige Reaktormodelle betrachtet worden. In dieser Arbeit hingegen wird auch ein realistischer nicht quaderförmiger Fall betrachtet.

Damit die Software in der Sicherheits-Leittechnik eines Kernkraftwerks einsetzbar ist, muss deren Korrektheit nachgewiesen werden. Für die Realisierung der Wellendigitalstruktur ist ein entsprechender Beweis in dieser Arbeit durchgeführt worden, da ein bereits bestehender Korrektheitsbeweis von Herrn Dr. Vollmer nicht verwendet kann, weil dieser nur für quader-/rechteckförmige Berechnungsgebiete und für linear- raumzeitinvariante Systeme geeignet ist.

Für den in der vorliegenden Arbeit vorhandenen Korrektheitsbeweis ist auch eine axiomatische Definition von Elementaranweisungen der Programmiersprache C eingeführt worden. Allerdings sind die Definitionen nur für die Anweisungen erfolgt, die in der vorliegenden Arbeit auch verwendet werden.

Der Eigenwert der Neutronendiffusionsgleichungen ist eine wichtige Größe, die das Verhältnis von Neutronengewinnen zu Neutronenverlusten beschreibt. Diese Größe ist früher nur sehr ungenau bestimmt worden. Daher werden in der vorliegenden Arbeit zwei weitere Verfahren behandelt. Diese Verfahren bestimmen diesen Eigenwert deutlich genauer als in bisherigen Arbeiten zur Lösung der 3D-Neutronendiffusionsgleichungen basierend auf Wellendigitalprinzipien.