



Elektrotechnisches Kolloquium

der Bergischen Universität Wuppertal

Die Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Medientechnik lädt zur Teilnahme an folgender Vortragsveranstaltung mit anschließender Diskussion ein:

Es spricht **Bernhard Kähne**

Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik

Prof. Dr. rer. nat. Markus Clemens

über das Thema

Parallele und GPU-beschleunigte Finite-Elemente-Methoden für nichtlineare magneto-quasistatische Feldprobleme unter Anwendung von linear-impliziten Zeitschrittverfahren

Inhalt: Rechnergestützte Simulationsprogramme stellen bei nahezu jeder elektrotechnischen Anwendung einen grundlegenden Baustein beim Entwurf und im Entwicklungsprozess dar. Die Simulation von Elektrischen Motoren und Transformatoren stellen dabei aufgrund ferromagnetischer Teile und der geringen Betriebsfrequenz nichtlineare quasistationäre Magnetfeldprobleme (Wirbelstromprobleme) dar. In dieser Arbeit wird auf Basis der Finiten-Elemente-Methode (FEM) gezeigt, wie sich Simulationen derartiger Feldprobleme mittels partitionierter Gitter auf parallelen Rechnerstrukturen realisieren lassen. Darüber hinaus wird dieser räumlich-parallele Ansatz mit der Nutzung von Beschleuniger-Grafikkarten erweitert, womit sich die Performanz der gezeigten Feldsimulationsmethode signifikant verbessern lässt. Die Kombination beider Rechnerarchitekturen ist dabei vollkommen skalierbar und lediglich beschränkt auf die Anzahl verfügbarer Grafikkarten.

Windungen von elektrischen Leitern und Spulen sind das Konstruktionsprinzip von elektrischen Motoren und Transformatoren. Eine akkurate numerische Modellierung von Spulen ist daher grundlegend für die Simulation solcher Anwendungen. Dafür wird in dieser Arbeit ein vollständiges Spulenmodell präsentiert, welches erstens die homogene Stromdichte der Spule rein aus der geometrischen Information des Gitters heraus bestimmt. Zweitens wird mithilfe der Feld-Schaltungskopplung das zeitlich-dynamische Verhalten der Spule als induktives Bauelement mit dem Einfluss der Eigen- und Gegeninduktivität sowie der des Kupferwiderstandes korrekt aufgelöst.

Zur Lösung der Feldgleichung wird ein Ansatz aus kombinierten Vektor- und Skalarpotentialen gewählt. Die räumliche Diskretisierung mittels der FEM führt zu einem semi-diskreten System ordinärer Differentialgleichungen in der Zeit, welches mithilfe von linear-impliziten Rosenbrock-Wanner (ROW) -Methoden gelöst wird. Mit ROW-Methoden wird das nichtlineare zeitabhängige Problem in einer Folge von mehreren linearen Gleichungssystemen unter Konstanthaltung der Jacobimatrix gelöst. Linearisierungsverfahren wie die Newton-Raphson-Methode und dessen nicht sichergestellte Konvergenz werden dabei vermieden. Da die Genauigkeit der ROW-Methode maßgeblich über die Zeitschrittweite beeinflusst wird, wird die Zeitschrittweite adaptiv gesteuert, um den Genauigkeitsanforderungen zu genügen. Um diesen Automatismus zu stabilisieren und weniger anfällig für verworfene Zeitschritte zu machen, wird die ROW-Methode modifiziert, indem die Jacobimatrix in jedem Arbeitspunkt korrekt bestimmt wird. Diese Anpassung stellt nur einen rechnerisch geringen Mehraufwand dar, ändert aber die Robustheit der adaptiven Zeitschrittweitensteuerung grundlegend zum Positiven hin.

T e r m i n: 16.07.2025, 14:55 Uhr

O r t: Bergische Universität Wuppertal
Campus Freudenberg, Seminarraum FG 1.01