



## Numerische Simulationsverfahren im Ingenieurwesen

### Fragenkatalog

#### Zelluläre Automaten

- Erklärung des Verfahrens. Wann verwendet man zelluläre Automaten? Nennen Sie Beispiele für zelluläre Automaten.
- Was versteht man unter Zellen, Zuständen, Nachbarschaften und Update-Regeln?
- Wie viele Regeln sind bei einem Automaten möglich?
- Was versteht man unter einem Wolfram-Automaten? Welches Verhalten kann man bei diesen beobachten (Klasseneinteilung)? Nennen Sie eine Anwendung. Welche Regelarten existieren und wie funktionieren diese?
- Wie kann man eine Verkehrssimulation aufbauen, was ist zu beachten? Erklären Sie die Modelle von Weimar sowie Nagel und Schreckenberg. Welche wichtigen Ergebnisse liefern die Simulationen dieser Modelle?
- Welche regelmäßigen Gitter verwendet man in 1D, 2D und 3D? Was ist bei der Implementierung von 2D Gitter zu beachten, worin unterscheiden sich diese Gitter?
- Welche Randbedingungen sind denkbar und wie werden diese implementiert?
- Was simuliert Conways Game of Life?
- Was beschreiben erregbare Medien und wie kann man sie als Automat modellieren? Wie funktioniert das Aktivator-Inhibitor-Modell?
- Was sind partitionierte und Block-Automaten? Warum verwendet man diese?
- Wie wird mittels zellulärem Automaten Diffusion beschrieben? Wie zeigt man, dass tatsächlich Diffusion beschrieben wird? Erklären Sie das Sprungmodell. Wie lautet die Mastergleichung? Kann man von der Diffusionsgleichung auch zu einem Automaten gelangen?
- Was ist der zeitliche Mittelwert und was das Scharmittel?

#### Elastische Gittermodelle

- Was sind Gittervektoren und Gittertensoren? Wie berechnet man diese, und wofür braucht man sie? Wann ist ein Gittertensor isotrop? Wie kann man aus einem anisotropen Gittertensor einen isotropen machen?
- Wie sind elastische Gittermodelle aufgebaut und wozu können sie verwendet werden? Welche Eigenschaften muss das Gitter erfüllen?
- Wie lautet die Lamé-Naviersche Verschiebungsdifferentialgleichung?
- Welche Probleme treten hinsichtlich der Abbildung elastischer Parameter auf?

## Gittergase

- Was haben die Gittergase mit den zellulären Automaten gemein? Welches makroskopische Verhalten möchte man mit Hilfe der Gittergase simulieren?
- Wie lautet die Navier-Stokes-Gleichung einer inkompressiblen Strömung? Benennen Sie die einzelnen darin vorkommenden Größen.
- Wie funktioniert das HPP-Gittergas-Modell? Was sind Besetzungszahlen, was mittlere Besetzungszahlen? Was versteht man unter Coarse Graining? Wie lautet die mikrodynamische Gleichung und wie der Stoßoperator des HPP-Modells? Warum liefert das HPP-Modell nur eine schlechte Beschreibung des Verhaltens realer Gase?
- Wie funktioniert das FHP-Gittergas-Modell? Welche elementaren Stoßregeln hat dieses System und auf welchen Prinzipien beruhen diese? Welche Randbedingungen kann man modellieren und wie wird das gemacht?
- Wie erhält man aus den mittleren Besetzungszahlen makroskopische Größen wie Dichte und Impulsdichte? Wie legt man die Anfangsbedingungen fest? Wie kann man das Rauschen bei einer Gittergas-Simulation verringern?
- Auf welche Einschränkungen hinsichtlich der Abbildung der Navier-Stokes-Gleichung führt das FHP-Modell? Was ist die Hauptursache für diese Einschränkungen? Wie kann man die Verletzung der Galilei-Invarianz reparieren?

## Gitter-Boltzmann-Verfahren

- Wie funktioniert die Gitter-Boltzmann-Methode? Wie unterscheidet sich die Methode im Vergleich zu den Gittergasmodellen?
- Wie funktionieren Kollision und Propagation innerhalb der Gitter-Boltzmann-Methode? Was muss man bei Verwendung eines D2Q8 bzw. D2Q9 Gitters beachten?
- Wie wird der Stoßoperator abgebildet? Wozu verwendet man den BGK-Ansatz und auf welche makrodynamische Gleichung für die Verteilungsdichten führt er?
- Wie berechnet man Dichte und Impulsdichte aus den Verteilungsdichten?
- Erklären Sie den groben Simulationsablauf für das Gitter-Boltzmann-Verfahren. Wie stellt man die Viskosität ein? Wie werden reale Strömungsrandbedingungen innerhalb des Verfahrens abgebildet?

## Randelementemethode

- Wozu kann man die Methode der Randelemente nutzen? Was sind Vor- und Nachteile dieser Methode z.B. gegenüber FEM?
- Erklären Sie die Methode der gewichteten Residuen.
- Welche wesentlichen Schritte sind zur Transformation einer gewöhnlichen Differenzialgleichung auf den Rand durchzuführen?
- Was ist der Unterschied zwischen der Poisson- und Laplacegleichung? Welche physikalischen Prozesse werden durch die Poisson- bzw. Laplacegleichung beschrieben? Wie lautet die 2. Greensche Identität?
- Zwischen welchen Randbedingungen unterscheidet man? Wie hängt der Flussdichtevektor mit dem Potenzial zusammen?

- Welche Schritte sind prinzipiell nötig, um aus einem Randwertproblem (DGL) eine REM Formulierung zu machen? Was ist die schwache Form einer DGL? Was sagt der Satz von Gauß aus?
- Überführen Sie die 2D-Laplace-Gleichung in eine Randintegralgleichung.
- Was ist die Delta-Distribution? Wie kann man diese als Folge von Funktionen darstellen? Was passiert, wenn man sie integriert? Was ist zu beachten, wenn sie auf dem Rand liegt?
- Was ist die Fundamentallösung? Welche Gleichung löst diese?
- Was sind Randelemente, Gitterpunkte, Knoten, Interpolationsfunktionen? Was ist der Unterschied zwischen kontinuierlichen und diskontinuierlichen Elementen? Wo verwendet man welche?
- Was ist die Kollokationsmethode? Was sind Einflussmatrizen?
- Wie behandelt man den Quellterm der Poisson-Gleichung?

## Implementierung

- Welche Techniken kann man zum Aufsummieren benachbarter Elemente in Arrays verwenden?
- Wie dreht man gleichzeitig mehrere Blöcke innerhalb einer Matrix?
- Bei welchen der behandelten numerischen Methoden treten Matrizen auf, die schwach besetzt sind?
- Was versteht man unter dem Begriff „Vektorisierung“?