

## Prüfungsfragen

---

1. Modellieren Sie ein örtlich eindimensionales, instationäres Wärmeleitproblem und lösen Sie es numerisch mit dem Differenzenverfahren ! Was können Sie über Approximation, Stabilität und Konvergenz aussagen ?
2. Wie würden Sie das folgende örtlich eindimensionale Schwingungsproblem numerisch lösen ? Gesucht ist  $u(x,t)$ :

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}(x,t) - \alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(x,t) = f(x,t) \quad \forall (x,t) \in (0,1) \times (0,T] \quad (1)$$

unter den Randbedingungen

$$u(0,t) = u(1,t) = 0 \quad \forall t \in (0,T] \quad (2)$$

und den Anfangsbedingungen

$$u(x,0) = u_0(x) \quad \text{und} \quad \frac{\partial u}{\partial t}(x,0) = u_1(x) \quad \forall x \in [0,1]. \quad (3)$$

3. Man löse die Zweipunkterandwertaufgabe

$$-u''(x) + a(x)u(x) = f(x) \quad \forall x \in (0,1), \quad u(0) = 1 \quad \text{und} \quad u'(1) = 1$$

mit der Methode der finiten Elemente ! Was wissen Sie über den Diskretisierungsfehler ?

4. In der Praxis werden Integrale der Form

$$\int_a^b g(x) dx$$

numerisch berechnet. Erklären Sie die Gauß-Formeln und leiten Sie eine Fehlerabschätzung für die Mittelpunktsregel (= Gauß 1 = einfachste Gauß-Formel) her !

5. Was verstehen Sie unter einem Lagrangschen Interpolationspolynom und wie kann man es zur numerischen Integration nutzen ?
6. Wie würden Sie ein Gleichungssystem mit einer tridiagonalen Systemmatrix auflösen? Unter welchen Bedingungen können Sie die Durchführbarkeit und die Stabilität des Algorithmus garantieren ?
7. Geben Sie die Variationsformulierung des vom Prüfer ad hoc gegebenen 1D stationären Wärmeleitproblems an und lösen Sie es numerisch mit der Methode der finiten Elemente !

8. Erklären Sie die FEM-Technologie (elementweiser Aufbau der Steifigkeitsmatrix  $K_h$  und des Lastvektors  $\underline{f}_h$  + Einbau der Randbedingungen) zur Generierung des FEM-Gleichungssystems  $K_h \underline{u}_h = \underline{f}_h$  an Hand des Beispiels

$$-u''(x) = f(x), \quad x \in (a, b), \quad u(a) = g_a, \quad -u'(b) = \alpha_b(u(b) - g_b) \quad (4)$$

aus der Vorlesung.

9. Zeigen Sie, dass das Variationsproblem

$$\text{Ges. } u \in V_g : a(u, v) = \langle F, v \rangle \quad \forall v \in V_0 \quad (5)$$

äquivalent zum Energieminimierungsproblem

$$\text{Ges. } u \in V_g : J(u) = \min_{w \in V_g} J(w) := \frac{1}{2} a(w, w) - \langle F, w \rangle \quad (6)$$

ist, falls die Bilinearform  $a(., .)$  symmetrisch und positiv ist. Was verstehen Sie unter dem Galerkin- und dem Ritz-Verfahren ?

10. Was verstehen Sie unter einer Triangularisierung eines Rechengebietes  $\Omega$  ? Welche Informationen zur Representation eines Netzes werden durch einen Netzgenerator generiert ?
11. Erklären Sie die FEM-Technologie (elementweiser Aufbau der Steifigkeitsmatrix  $K_h$  und des Lastvektors  $\underline{f}_h$  + Einbau der Randbedingungen) zur Generierung des FEM-Gleichungssystems  $K_h \underline{u}_h = \underline{f}_h$  an Hand des 2D Beispiels

$$-\frac{\partial}{\partial x_1}(\lambda_1(x) \frac{\partial u}{\partial x_1}(x)) - \frac{\partial}{\partial x_2}(\lambda_2(x) \frac{\partial u}{\partial x_2}(x)) + a(x)u(x) = f(x), \quad x = (x_1, x_2) \in \Omega \quad (7)$$

mit Randbedingungen 1., 2. und 3. Art auf den Randstücken  $\Gamma_1, \Gamma_2$  und  $\Gamma_3$  von  $\Gamma = \partial\Omega = \Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \Gamma_3$  aus der Vorlesung.

12. Geben Sie die Variationsformulierung des vom Prüfer ad hoc gegebenen 2D stationären Wärmeleitproblems an und lösen Sie es numerisch mit der Methode der finiten Elemente !
13. Bei der Diskretisierung von elliptischen Randwertaufgaben zweiter Ordnung durch die FEM entstehen Gleichungssysteme der Art  $K_h \underline{u}_h = \underline{f}_h$  zur Bestimmung des Vektors der Knotenwerte  $\underline{u}_h$ , wobei  $K_h$  die Steifigkeitsmatrix und  $\underline{f}_h$  den Lastvektor bezeichnen. Welche Eigenschaften haben diese Gleichungssysteme ? Wie würden Sie diese Gleichungssysteme auflösen ?
14. Wie würden Sie zeitabhängige Probleme, d.h. Anfangsrandwertaufgaben für parabolische und hyperbolische partielle Differentialgleichungen diskretisieren, wenn Sie zur Ortsdiskretisierung die FEM verwenden wollen ?
15. Erklären Sie das Gaußsche Eliminationsverfahren ! Zeigen Sie, dass das Gaußsche Eliminationsverfahren zur  $LU$ -Zerlegung äquivalent ist ! Wieviele arithmetische Operationen benötigt das Gaußsche Eliminationsverfahren für eine vollbesetzte Matrix und wieviele arithmetische Operationen für eine Bandmatrix mit der Bandweite  $m$  ?

16. Welche Iterationsverfahren zur Lösung linearer Gleichungssysteme der Form  $Ax = b$  kennen Sie ? Erklären Sie diese Iterationsverfahren !
17. Erklären Sie das (vorkonditionierte) Richardson-Verfahren ? Wie können Sie die klassischen Iterationsverfahren als vorkonditionierte Richardson-Verfahren interpretieren ? Was wissen Sie über die Konvergenz des Richardson-Verfahrens ?
18. Erklären Sie das Gradientenverfahren und das konjugierte Gradientenverfahren ! Was verstehen Sie unter einer Vorkonditionierung ?
19. Klassifizieren Sie die Optimierungsprobleme und erläutern Sie die theoretischen Grundlagen zu den freien Optimierungsproblemen !
20. Erklären Sie Abstiegsverfahren, Newton-Verfahren und Quasi-Newtonverfahren zur Lösung freier Optimierungsprobleme der Form: Gesucht ist  $x^* \in R^n$ :

$$f(x^*) = \min_{x \in R^n} f(x) ! \quad (8)$$

21. Was wissen Sie über die Konvergenz und die Konvergenzgeschwindigkeit des Newton-Verfahrens zur Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme der Form: Gesucht ist  $x^* \in R^n$ :  $F(x^*) = 0$  in  $R^n$  ?
22. Klassifizieren Sie die Optimierungsprobleme und erläutern Sie die theoretischen Grundlagen zu den restringierten Optimierungsproblemen !
23. Wie würden Sie ein restringierten Optimierungsproblem der Form

$$\begin{aligned} \min_{x \in R^n} f(x) & \quad (9) \\ \text{s.t. } c_i(x) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m & \quad (10) \end{aligned}$$

mit Nebenbedingungen in Gleichungsform lösen ?

24. Wie würden Sie ein allgemeines restringierten Optimierungsproblem mit Nebenbedingungen in Gleichungs- und Ungleichungsform lösen ?