JOHANNES KEPLER UNIVERSITY LINZ

NUMA INSTITUTE OF NUMERICAL MATHEMATICS

Numerik und Optimierung

(LVA Nr. 327.029, 4 Wochenstunden KV, Semester 7)

Vortragender: O.Univ.-Prof. Dr. Ulrich Langer

Dateien: Alle Materialien zur LVA sind in einer einzigen ZIP-Datei zusammengefasst: NumOpt2019w.zip

Beginn der Lehrveranstaltung: Mi, 2019-10-09, 10:15 - 11:45 Uhr

Prüfung: Zur KV ist eine mündliche Prüfung abzulegen. Mit Hilfe des auf dieser Homepage angegebenen Fragenkatalogs können Sie sich optimal auf die mündliche Prüfung vorbereiten. In die Endnote gehen die Note zu den Übungsblättern und die Note der mündlichen Prüfung zu jeweils 50% ein. Die Prüfung ist bestanden, wenn Sie mindestens die Note 4 in beiden Prüfungsanteilen erreichen.

Prüfungsfragen: `examWS2019.pdf`

Übungsblätter

Arbeitsblatt 1	Name A-M: `Arbeitsblatt1AM.pdf`	Name N-Z: `Arbeitsblatt1NZ.pdf`	Abgabetermin: Donnerstag, d. 19.12.2019, 12:00 Uhr
Arbeitsblatt 2	Name A-M: `Arbeitsblatt2AM.pdf`	Name N-Z: `Arbeitsblatt2NZ.pdf`	Abgabetermin: Freitag, d. 21.02.2020, 12:00 Uhr

Folien zur Vorlesung

`Kapitel_1.pdf`	Einführung
`Kapitel_2.pdf`	Methode der finiten Elemente
`Kapitel_3.pdf`	Auflösung linearer Gleichungssysteme
`Kapitel_4.pdf`	Zeitabhängige Probleme
`Kapitel_5.pdf`	Optimierungsprobleme
Folie 1: `numfm-01_co.pdf`	Computersimulation
Folie 1a: `numfm-01a_co.pdf`	Kurzfassung der Folie 1
Folie 2: `numfm-02_co.pdf`	Modellierung Wärmeleitung
Folie 3: `numfm-03_co.pdf`	Wärmeleitgleichung
Folie 4: `numfm-04_co.pdf`	Abkühlproblem
Folie 5: `numfm-05_co.pdf`	Diskretisierung
Folie 5a: `numfm-05a_co.pdf`	Bemerkung 1.1.
Folie 6: `numfm-06_co.pdf`	Schwingungsgleichung
Folie 6a: `numfm-06a_co.pdf`	Longitudinalschwingung
Folie 7: `numfm-07_co.pdf`	Schwingungsgleichung II
Folie 8: `numfm-08_co.pdf`	1.3: 1.3.1.
Folie 9: `numfm-09_co.pdf`	1.3: 1.3.2.
Folie 10: `numfm-10_co.pdf`	1.3: 1.3.3.
Folie 11: `numfm-11_co.pdf`	1.3: 1.3.3. (cont.)
Folie 12: `numfm-12_co.pdf`	1.3: Ortsdiskretisierung
Folie 12a: `numfm-12a_bw.pdf`	Systeme gek. PDgl.
Folie 12b: `numfm-12b_bw.pdf`	Navier-Stokes
Folie 12c: `numfm-12c_bw.pdf`	Maxwell
Folie 12d: `numfm-12d_co.pdf`	1.4: Vektorpotential, Spezialfall 1
Folie 12e: `numfm-12e_co.pdf`	1.4: Spezialfaelle 2 und 3
Folie 12f: `numfm-12f_co.pdf`	1.4: Magnetostatik 2D: Geometrie
Folie 12g: `numfm-12g_co.pdf`	1.4: Magnetostatik 2D: Herleitung I
Folie 12h: `numfm-12h_co.pdf`	1.4: Magnetostatik 2D: Herleitung II
Folie 12i: `numfm-12i_co.pdf`	1.4: Bsp.: Elektromagnet I
Folie 12j: `numfm-12j_co.pdf`	1.4: Bsp.: Elektromagnet II
Folie HF01: `numfm-HF01_co.pdf`	Hauptsatz + part. Integration
Folie 13: `numfm-13_co.pdf`	Ungleichungen
Folie 14: `numfm-14_co.pdf`	Bem. 2.9
Folie 15: `numfm-15_bw.pdf`	Übung 2.10

Folie HF02: numfm-HF02_co.pdf	Galerkin-Ritz-FEM
Folie 16a: numfm-16a_co.pdf	2.5. Tridiagonale GS I
Folie 16b: numfm-16b_co.pdf	2.5. Tridiagonale GS II
Folie 16c: numfm-16c_co.pdf	2.5. Tridiagonale GS III
Folie 16d: numfm-16d_co.pdf	2.5. Tridiagonale GS IV
Folie 16e: numfm-16e_co.pdf	2.5. Tridiagonale GS V
Folie 16f: numfm-16f_co.pdf	2.5. Tridiagonale GS VI
Folie HF03: numfm-HF03_co.pdf	Elementweise Berechnung
Folie 17a: numfm-17a_co.pdf	Assemblierung: Illustration
Folie 17b: numfm-17b_co.pdf	Assemblierung: Algorithmus
Folie 18a: numfm-18a_co.pdf	Einbau RB I
Folie 18b: numfm-18b_co.pdf	Einbau RB II
Folie 19: numfm-19_co.pdf	Zusammenfassung
Folie 20a: numfm-20a_co.pdf	2.7. HFEM I: Abbildungsprinzip
Folie 20b: numfm-20b_co.pdf	2.7. HFEM II: Formfkt.
Folie 20c: numfm-20c_co.pdf	2.7. HFEM III: Ansatzfkt.
Folie 20d: numfm-20d_co.pdf	2.7. HFEM IV: Assemblierung
Folie 20e: numfm-20e_co.pdf	2.7. HFEM V: Matrixeinträge
Folie 21a: numfm-21a_co.pdf	2.7. Lagransche Interpolation + Newton-Cotes-Formeln
Folie 21b: numfm-21b_co.pdf	2.7. Verallgemeinerungen
Folie 22a: numfm-22a_co.pdf	2.8. RWP+FEM
Folie 22b: numfm-22b_co.pdf	Beurteilung des Fehlers
Folie 22c: numfm-22c_co.pdf	A-priori, a-posteriori, Vor.
Folie 22d: numfm-22d_co.pdf	Bsp.: (V0)-(V1) - Check
Folie 22e: numfm-22e_co.pdf	Satz 2.14 (Lax-Milgram) + Satz 2.15 (Cea)
Folie 22f: numfm-22f_co.pdf	Zurückführung auf Interpolationsfehler
Folie 22g: numfm-22g_co.pdf	Lemma 2.16 + Satz 2.17
Folie 22h: numfm-22h_co.pdf	Bew. Lemma 2.16
Folie 22i: numfm-22i_co.pdf	Bew. Lemma 2.16 (cont.)
Folie 22j: numfm-22j_co.pdf	Resümee
Folie 23a: numfm-23a_co.pdf	Bsp. 2.17: CHIP I
Folie 23b: numfm-23b_co.pdf	Bsp. 2.17: CHIP II
Folie 24: numfm-24_co.pdf	Bsp. 2.18: E-Magnet I
Folie 25: numfm-25_co.pdf	Bsp. 2.18: E-Magnet II
Folie 26a: numfm-26a_co.pdf	Bem. klassische und verallg. Lsg.
Folie 26b: numfm-26b_co.pdf	Bem. klassische und verallg. Lsg. (cont.)
Folie 27a: numfm-27a_co.pdf	2.10.2. FEM = GRV
Folie 27b: numfm-27b_co.pdf	2.10.2. FEM = GRV (cont.)
Folie 28a: numfm-28a_co.pdf	2.10.3. Netzgenerierung I
Folie 28b: numfm-28b_co.pdf	2.10.3. Netzgenerierung II
Folie 28c: numfm-28c_co.pdf	2.10.3. Netzgenerierung III
Folie 28d: numfm-28d_co.pdf	2.10.3. Netzgenerierung CHIP I
Folie 28e: numfm-28e_co.pdf	2.10.3. Netzgenerierung CHIP II
Folie 28f: numfm-28f_bw.pdf	2.10.3. Netzgenerierung CHIP III
Folie 28g: numfm-28g_bw.pdf	Vernetzung CHIP/2
Folie 29a: numfm-29a_co.pdf	2.10.4 Abbildungsprinzip
Folie 29b: numfm-29b_co.pdf	2.10.4 Assemblierungsalgorithmus
Folie 29c: numfm-29c_co.pdf	2.10.4 Elementlastvektoren
Folie 29d: numfm-29d_co.pdf	2.10.4 Elementsteifigkeitsmatrizen
Folie 29e: numfm-29e_co.pdf	2.10.4 RB 2. Art
Folie 29f: numfm-29f_co.pdf	2.10.4 RB 3. Art
Folie 29g: numfm-29g_co.pdf	2.10.4 Bsp. CHIP
Folie 30: numfm-30_co.pdf	2.10.5 Gleichungssystem
Folie 31: numfm-31_co.pdf	2.11 Nichtlineare Probleme
Folie 32a: numfm-32a_co.pdf	3.1.1. Gauss I: Elimination
Folie 32b: numfm-32b_co.pdf	3.1.1. Gauss II: Elimination
Folie 32c: numfm-32c_co.pdf	3.1.1. Gauss III: Rueckwaertseinsetzen, Pivotsuche, Aufwand

Folie 32d: numfm-32d_co.pdf	3.1.1. Gauss IV: Abspeicherung
Folie 32e: numfm-32e_co.pdf	3.1.1. Gauss V: LU-Zerlegung
Folie 32f: numfm-32f_co.pdf	3.1.1. Gauss VI: Implementierung
Folie 32g: numfm-32g_co.pdf	3.1.1. Gauss VII: ILU-Zerlegung
Folie 33a: numfm-33a_co.pdf	3.1.2. Spezielle Matrizen I: Bandmatrizen
Folie 33b: numfm-33b_co.pdf	3.1.2. Spezielle Matrizen II: Profilmatrizen, SPD
Folie 33c: numfm-33c_co.pdf	3.1.2. FE-Gleichungssysteme
Folie HF04: numfm-HF04_co.pdf	Gauss
Folie 34: numfm-34_co.pdf	3.2. Iterative Verfahren
Folie 35a: numfm-35a_co.pdf	3.2.1. Iterationsverfahren I: Jacobi, Gauss-Seidel
Folie 35b: numfm-35b_co.pdf	3.2.1. Iterationsverfahren II: SOR
Folie 35c: numfm-35c_co.pdf	3.2.1. Iterationsverfahren III: Richardson
Folie 35d: numfm-35d_co.pdf	3.2.1. Iterationsverfahren IV: Praekonditionierer
Folie 35e: numfm-35e_co.pdf	3.2.1. Iterationsverfahren V: Fehleranalyse
Folie 36a: numfm-36a_co.pdf	3.2.2. CG I: Minimierungsproblem
Folie 36b: numfm-36b_co.pdf	3.2.2. CG II: Gradientenverfahren (Idee)
Folie 36c: numfm-36c_co.pdf	3.2.2. CG III: Gradientenverfahren (Algorithmus)
Folie 36d: numfm-36d_co.pdf	3.2.2. CG IV: PCG-Algorithmus
Folie 36e: numfm-36e_co.pdf	3.2.2. CG V: PCG, Fehlerabschaetzung
Folie HF05: numfm-HF05_co.pdf	Illustration GG-Verfahren
Folie 37: numfm-37_co.pdf	3.2.3. Mehrgitterverfahren
Folie 38c numopt-38c_co.pdf	4.1. Fehlerfortpflanzung: heuristisch
Folie 38f numopt-38f_bw.pdf	4.1. Stabiles und instabiles Verhalten (parabolisch)
Folie 38g numopt-38g_co.pdf	4.1. Stabiles und instabiles Verhalten (hyperbolisch)
Folie 38j numopt-38j_co.pdf	4.2. Analysis: theta-Verfahren I
Folie 38k numopt-38k_co.pdf	4.2. Analysis: theta-Verfahren II
Folie 38l numopt-38l_co.pdf	4.3. Galerkin FEM I (parabolisch)
Folie 38m numopt-38m_co.pdf	4.3. Galerkin FEM II (horizontale LM)
Folie 38n numopt-38n_co.pdf	4.3. Galerkin FEM III (vertikale LM)
Folie 38o numopt-38o_co.pdf	4.3. Galerkin FEM IV (hyperbolisch)
Folie 38p numopt-38p_co.pdf	4.3. Galerkin FEM V (Newmark)
Folie 39a: numopt-39a_co.pdf	5. OP I
Folie 39b: numopt-39b_co.pdf	5. Beispiel: Optimalsteuerproblem
Folie 39c: numopt-39c_co.pdf	5. OP II
Folie 39d: numopt-39d_co.pdf	5. OP III
Folie 39e: numopt-39e_co.pdf	5.1. FOP: 5.1.1. Theorie I
Folie 39f: numopt-39f_co.pdf	5.1. FOP: 5.1.1. Theorie II
Folie 39g: numopt-39g_co.pdf	5.1. FOP: 5.1.1. Theorie III
Folie 40a: numopt-40a_co.pdf	5.1.2. Abstiegsverfahren I
Folie 40b: numopt-40b_co.pdf	5.1.2. Abstiegsverfahren II
Folie 41a: numopt-41a_co.pdf	5.1.3. Newton: Idee
Folie 41b: numopt-41b_co.pdf	5.1.3. Newton: fOP vg. nGS
Folie 41c: numopt-41c_co.pdf	5.1.3. Newton: Satz 5.10
Folie 41d: numopt-41d_co.pdf	5.1.3. Newton: Algorithmus
Folie 42a: numopt-42a_co.pdf	5.1.4. QNV: Idee
Folie 42b: numopt-42b_co.pdf	5.1.4. QNV: BFGS
Folie 43a: numopt-43a_co.pdf	5.2.1. Lagrange-Idee I
Folie 43b: numopt-43b_co.pdf	5.2.1. Lagrange-Idee II
Folie 44a: numopt-44a_co.pdf	5.2.2. Theorie I
Folie 44b: numopt-44b_co.pdf	5.2.2. Theorie II
Folie 44c: numopt-44c_co.pdf	5.2.2. Theorie III
Folie 45a: numopt-45a_co.pdf	5.2.3. SQP I
Folie 45b: numopt-45b_co.pdf	5.2.3. SQP II
Folie 46a: numopt-46a_co.pdf	5.2.4. QP I
Folie 46b: numopt-46b_co.pdf	5.2.4. QP II
Folie 46c: numopt-46c_co.pdf	5.2.4. Alg. 5.21
Folie 47: numopt-47_co.pdf	5.2.5. Weitere Verfahren

Lehrbuch

Das Lehrbuch *Methode der Finiten Elemente für Ingenieure* ist 2001 beim Teubner-Verlag erschienen [ISBN 3-519-02973-1]. Die zweite, überarbeitete Auflage ist im Jänner 2013 beim Springer Verlag erschienen [ISBN 978-3-658-01100-0].

Weitere Literatur

[1] J.J.I.M. van Kan, A. Segal: Numerik partieller Differentialgleichungen für Ingenieure. B.G. Teubner Stuttgart 1995.
[2] Douglas C.C., Haase G., Langer U.: A Tutorial on Elliptic PDE Solvers and Their Parallelization. SIAM, Philadelphia 2003. (Parallelisierung numerischer Verfahren)
[3] Kikuchi N.: Finite Element Methods in Mechanics. Cambridge University Press, Cambridge 1986. (zur FEM, mit FE Programmen)
[4] Quarteroni A., Saleri F.: Scientific Computing with MATLAP. Texte in Computational Sciences and Engineering, v. 2, Springer-Verlag, Heidelberg 2003. (Numerische Verfahren mit MATLAB)
[5] Schwetlick H., Kretzschmar H.: Numerische Verfahren für Naturwissenschaftler und Ingeniere. Fachbuchverlag, Leipzig 1991
[6] Törnig W., Gipser M., Kaspar B.: Numerische Lösung von partiellen Differentialgleichungen der Technik. B.G. Teubner, Stuttgart 1991.
[7] Dahmen W., Reusken A.: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006.
[8] Deuflhard P., Bornemann F.: Numerische Mathematik 2: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 3. Auflage de Gruyter Verlag, Berlin, New York 2008. (zur numerischen Lösung von Systemen gewöhnlicher Differentialgleichungen)
[9] Strang G.: Wissenschaftliches Rechnen. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 2010.
[10] Schwarz H.R.: Numerische Mathematik. B.G. Teubner, Stuttgart 1988.
[11] Geiger C., Kanzow C.: Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1999.
[12] Geiger C., Kanzow C.: Theorie und Numerik Verfahren restringierter Optimierungsaufgaben. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 2002.
[13] More, J.J. and Wright, St.: Optimization Software Guide. SIAM, 1993.
[14] Literaturüberblick zur Optimierung: http://plato.asu.edu/sub/tutorials.html
[15] Alt, W.: Nichtlineare Optimierung: Eine Einführung in die Theorie, Verfahren und Anwendungen. 2. Auflage. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2011.
[16] Langer, U. and Neumüller, M.: Direct and iterative solvers. In M. Kaltenbacher, editor, Computational Acoustics, volume 579 of CISM International Centre forMechanical Sciences: Courses and Lectures, pages 205-251. Springer-Verlag, 2017.

CISM Courses

[Part 1] `Part1DirectSolvers.pdf`: *Direct Solvers*
[Part 2] `Part2IterativeSolvers.pdf`: *Iterative Solvers*
[Part 3] `Part3Preconditioners.pdf`: *Preconditioners*
[Part 4] `Part4MultigridI.pdf`: *Multigrid I*
[Part 5] `Part5MultigridII.pdf`: *Multigrid II*

Skript

Kapitel 1 bis 4: `nupdglg.pdf`
Kapitel 5: `Kapitel5.pdf`

Software

Netzgeneratoren: http://www.robertschneiders.de/meshgeneration/software.html

- NETGEN: https://sourceforge.net/projects/netgen-mesher/
- SPIDER: http://www.meshing.at/

FEM-Software: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_finite_element_software_packages

- NGSolve: https://ngsolve.org/

Optimierungssoftware:

- NEOS server: http://www.neos-server.org/neos
- PLATO server: http://plato.asu.edu/guide.html
- GloptLab: http://www.topopt.dtu.dk/?q=node/12

Links

- http://www.cadfem.de
- http://www.femlab.de

Allgemeine Infos

Vorkenntnisse:

- Mathematik für Mechatroniker
- Grundvorlesung zur Mechatronik

Voraussetzung für:

- Spezialvorlesungen mit numerischem Inhalt
- Vorlesungen über Computersimulation physikalisch - technischer Probleme

Ziel:

Kennenlernen von Konzepten und Aneignen von Techniken zur durchgängigen numerischen Behandlung von relevanten mathematischen Aufgabenstellungen, wie sie typischerweise bei physikalisch-technischen Problemstellungen auftreten, sowie von numerischen Lösungstechniken von Optimierungsproblemen.

Inhalt:

- Einführung: Vom Modell zur Computersimulation, Beispiele, Typische Aufgabenstellungen für partiellen Differentialgleichungen (PDEs) und deren technischer Hintergrund
- Variationsformulierung von Randwertaufgaben und deren Diskretisierung mit der Finiten-Elemente-Methode (FEM)
- Auflösung linearer Gleichungssysteme
- Zeitabhängige Probleme (Anfangsrandwertaufgaben)
- Optimierungsprobleme und deren numerische Lösung

Information zur Durchführungsart:

Zur KV werden begleitende Arbeitsblätter ausgegeben, in der Übungsaufgaben und kleine Programmierbeispiele zu numerischen Problemstellungen zu erarbeiten sind.