
Seminar über Fluid-Struktur-Interaktion und verwandte Themen

Thomas Wick

Lehrstuhl für Optimalsteuerung, M17 (Prof. Vexler)
Technische Universität München

Sommersemester 2016

Motivation

Fluid-Struktur-Interaktion hat sich in den letzten Jahren zu einem Klassiker im Bereich gekoppelter partieller Differentialgleichungen entwickelt. Einerseits beinhaltet das Thema selbst eine ganze Reihe von interessanten Anwendungen wie Blutströmungen, Umströmung von Windkraftanlagen oder auch Modellierung von Prozessen in porösen Medien. Andererseits können die mathematischen Konzepte auf viele andere verwandte Problemstellungen übertragen werden.

Die speziellen Herausforderungen sind - siehe meine lecture notes:

https://people.ricam.oeaw.ac.at/t.wick/fsi_ss_2016_seminar_engl.html

1. Dealing and coupling of different classes of PDEs: elliptic, parabolic, hyperbolic that require different mathematical analysis and numerical tools;
2. Multidomain character and interface coupling conditions;
3. Combining different coordinate systems (basics in continuum mechanics required);

4. Moving boundary, i.e., moving interface;
5. Well-posedness of these type of coupled systems is hard and proofs just recently have appeared;
6. Designing robust and efficient numerical methods that ideally provide optimal convergence order;
7. Since theory and numerics/simulations are each demanding themselves, it is hard (from the pure individual effort) to study both simultaneously. This is additionally hindered since practical applications violate immediately regularity assumptions on the domain or functions.

It should be emphasized that 1. and 2. do also pose challenges in many other multiphysics problems. It is the combination of 3. and 4. that distinguishes FSI from many other problems. Often, the physics of a problem allow us to assume small (that is to say, infinitesimal) displacements such that Lagrangian and Eulerian type coordinate systems allow for a first order approximation and thus coincide. In the classical view of fluid-structure interaction this assumption cannot be made anymore. Together with the moving interface/boundary this leads to a challenge that characterizes classical FSI. The remaining points 5., 6. and 7. are again challenging for all types of nonlinear multiphysics problems but due to 1., 2., 3. and 4. in particular demanding in FSI.

Teilnehmer und Themen

Wir haben in unserem Blockseminar sechs TeilnehmerInnen zu verschiedenen Themen: fluid-structure, Adaptivität und Galerkin-Diskretisierungen.

Alle Themen haengen (wenn auch nicht offensichtlich) miteinander zusammen. Fluid-Struktur ist das grosse Oberthema. Um aber eine effiziente Computersimulation durchführen zu können, muss die Rechenkost geeignet eingeschränkt werden. Dies kann z.B. über Adaptivität und adaptive Methoden erreicht werden. Darüber hinaus sind Fluid-Struktur-Simulationen immer zeitabhængige Prozesse, wobei robuste Zeitschrittverfahren von essentieller Bedeutung sind. Eine sehr elegante Art, um Zeitschrittverfahren herzuleiten, geschieht über sog. Galerkinverfahren. Diese bilden die dritte Säule des Seminars.

Die Themen sind daher:

- FSI: ALE, Eulersche-Modellierung, Optimierung;
- Ziel-orientierte Fehlerschaetzung und Gitteradaptivitaet;
- Galerkin-Verfahren fuer gewöhnliche Differentialgleichungen (GDGL). Im Rahmen von partiellen DGL (PDGL) können diese Galerkin-Verfahren als Zeitschrittverfahren dienen.

Vortragssprache

Die beiden Fluid-Struktur-Themen werden bereits auf English ausgearbeitet. Ggf. wird hier ein english-sprachiger Kommilitone teilnehmen. Bei den anderen Themen ist auch English die bevorzugte Vortragssprache (vor allen Dingen auch, um für spätere Studien, Seminare, Berufsleben, etc. vorzubereiten). English ist aber kein unbedingter Muss.

Termine

Vorbesprechung

Gemeinsames Treffen in der Woche vom 14.3. - 18.3.2016. Vorzugsweise,

Do, den 17.3.2016 um 11.00 Uhr.

Der Raum wird noch (kurzfristig) bekanntgegeben. Bitte bestätigen, ob o.g. Termin passt. Die Vorbesprechung ist im wesentlichen für die KandidatInnen, mit denen ich mich bisher noch nicht persönlich getroffen habe.

Individuelle Treffen

Bitte Termine mit mir vereinbaren, um individuelle Treffen zu organisieren. Vorzugsweise am 17.3. und 18.3.

- Treffen 1: 17.3. um 9.00 Uhr
- Treffen 2: 17.3. um 13.00 Uhr
- Treffen 3: 17.3. um 15.00 Uhr
- Treffen 4: 17.3. um 17.00 Uhr
- Treffen 5: 18.3. um 9.00 Uhr
- Treffen 6: 18.3. um 11.00 Uhr

In Ausnahmefällen könnten wir auch am 14.3. und 16.3. Termine vereinbaren. Am 15.3. kann ich nur sehr bedingt bzw. eigentlich nicht. Bitte per E-Mail antworten, WER an welchem Termin kann. Falls möglich alle prinzipiell-möglichen Termine nennen, so dass ich auswählen kann, falls es Terminkonflikte mit anderen KandidatenInnen gibt.

Vorbereitung und Ausarbeitung

Da ich im Frühling nur sporadisch an der TUM bin, wird die wesentliche Betreuung 'online' (via email, skype, etc.) ablaufen. D.h. heisst aber nicht, dass es deshalb eine minderwertige Betreuung gibt. Mir ist sehr wichtig, dass man sich vorher austauscht und auch das Thema geeignet eingrenzt. Im Prinzip sind alle Themen zu lang für einen

einzigem Vortrag. D.h. in der Betreuung werden die Gebiete eingegrenzt, die dann schwerpunktmaessig im Vortrag vorkommen sollen.

Zusaetzlich zur individuellen Beschaeftigung mit dem Thema, waere mir eine schriftliche Ausarbeitung (*.doc oder vorzugsweise in *.tex) lieb. Diese kann 5-10 Seiten lang sein. Aber gerne auch laenger - je nach Umfang der Arbeit und persoenlichem Ehrgeiz.

Bitte nicht zu spaet mit der Ausarbeitung anfangen. Alle Erfahrung zeigt ausnahmslos, dass eine erste Beschaeftigung mit dem Thema einen Monat vor Vortragsbeginn zu spaet ist!! Daher bitte waehrend der Semesterferien anfangen. Ich behalte mir das Recht vor, einen zweifelhaften Vortrag zu verschieben bzw. nicht durchzufuehren bzw. die entsprechende Note/Bewertung zu geben.

Seminartermine im April und Mai

Hier ist der vorlaeufige Vortragsplan. Bei Bemerkungen oder Wuenschen bitte melden. Die Vortragslaenge sollte 60-90 Minuten betragen. Jeder darf fuer sich selbst entscheiden, ob sie/er ein Handout (max. 2 Seiten) erstellen moechte, wo die Kernpunkte (und -schwierigkeiten) des Seminars aufgelistet sind. Dieses Handout werde ich dann vorher ausdrucken und allen anderen als Begleitmaterial fuer den Vortrag aushaendigen.

Laut nachfolgenden Plan, wuerde das Seminar an drei Terminen stattfinden. D.h. der 3.5. waere nach derzeitigem Stand frei. Wie bei anderen Seminaren auch, waere es sehr nett, wenn alle KandidatenInnen an allen Terminen anwesend sind.

- Mo, 25.4.2016: 10.00 Uhr, Monika Senftl: Galerkin-Verfahren fuer gewoehnliche DGL (Teil 1)
- Mo, 25.4.2016: 13.00 Uhr, Petra Ziegler: Galerkin-Verfahren fuer gewoehnliche DGL (Teil 2)
- Di, 26.4.2016: 10.00 Uhr, Sebastian Otten, Goal-oriented partition-of-unity dual-weighted residual mesh adaptivity
- Di, 26.4.2016: 13.00 Uhr, Lukas Messer, FSI: ALE und Eulersche-Modellierung
- Mo, 2.5.2016: 10.00 Uhr, Manuel Grauer, FSI energy laws
- Mo, 2.5.2016: 13.00 Uhr, Nora Hagemeyer, FSI plus Optimierung
- Mo, 2.5.2016: 15.00 Uhr, ggf. Nicola Fontana (Master-Student), FSI benchmarks and timestepping

Die Reihenfolge der Themen ist so gewaehlt, dass alle Themen sukzessive aufeinander aufbauen.

Online information

- <https://www-m17.ma.tum.de/Lehrstuhl/LehreSoSe16HSfsi>
- https://people.ricam.oeaw.ac.at/t.wick/fsi_ss_2016_seminar_engl.html

Bei Fragen oder Anmerkungen bitte jederzeit gerne per E-Mail melden!

Thomas Wick

Linz und München, den 29. Feb. 2016