
Fakultät für
Informations-, Medien-
und Elektrotechnik

Finite Elemente Methode

Hausarbeit

Automatisierung der Berechnung

Prof. Dr. Wolfgang Evers

Version: 5. August 2020

Technology
Arts Sciences
TH Köln

Inhaltsverzeichnis

1	Randbedingungen und Zeitplan	3
1.1	Zusammenarbeit	3
1.2	Dokumentation der Hausarbeit	3
1.3	Zeitplan	4
2	Vorbereitung	5
2.1	Einarbeitung in das Thema Phyton	5
2.2	Unterlagen zum Hausarbeit	5
3	Aufgabenstellung 1	6
4	Aufgabenstellung 2	7
5	Aufgabenstellung 3	7
6	Quellenverzeichnis	8

1 Randbedingungen und Zeitplan

1.1 Zusammenarbeit

Die Hausarbeit soll von allen Studierenden einzeln bearbeitet werden, so dass alle selbstständig mit dem Programm Berechnungen durchführen und die entsprechenden Aufgaben lösen. Natürlich dürfen Sie sich gerne untereinander austauschen, Ergebnisse vergleichen und über die Interpretation diskutieren. Die Dokumentation der Hausarbeit müssen Sie jedoch einzeln erarbeiten und abgeben. Geben Sie also keine identischen Berichte ab, sondern arbeiten Sie selbst an den Problemen.

Bedenken Sie bitte, dass die Dokumentation mit einer Gewichtung von 60 % in die Modulnote einfließt.

1.2 Dokumentation der Hausarbeit

Verwenden Sie als Formatvorlage die Dateien (L^AT_EX oder Microsoft Word), die bei der Arbeitsanweisung für die Hausarbeit beiliegen. Sie basieren auf den Vorlagen für Veröffentlichungen der IEEE von Oktober 2019:

<https://www.ieee.org/conferences/publishing/templates.html>

Die L^AT_EX-Vorlage ist an die Hausarbeit angepasst (DIN A4, deutsch, Titel). Die Word-Vorlage müssten Sie nach dem Muster der beiliegenden PDF-Datei selber anpassen.

Die Dokumentation muss die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte enthalten. Dies sind beispielsweise Einstellungen, die Sie abweichend von den Standardeinstellungen im Programm vornehmen, wie Netzverfeinerung oder Polynomordnung. Desweiteren sollen eine Grafik der Geometrie, des Netzes, dem Betrag des magnetischen Flussdichte und die gefragten Diagramme enthalten sein. Zudem sollen Sie auch signifikante Zahlenwerte wie Netzknotenanzahl, Energiedichten, Stromdichten, Durchflutungen oder Flussdichten angeben.

Bewerten Sie die Ergebnisse auf Plausibilität.

Die Dokumentation soll maximal 8 Seiten umfassen und in deutscher Sprache geschrieben werden. Es sollen kein Inhalts-, Tabellen- oder Abbildungsverzeichnis und keine eidesstattliche Erklärung enthalten sein. Die Aufgabenstellung sollte, wenn überhaupt, nur in komprimierter Form vorkommen. Sie können auf die Aufgabenstellung referenzieren. Führen Sie nur Literaturreferenzen auf, auf die Sie sich im Text auch beziehen. Bei dieser Aufgabenstellung ergibt sich normalerweise keine Notwendigkeit für ein Literaturverzeichnis. Folgen Sie ansonsten den Hinweisen der IEEE in der Vorlage.

1.3 Zeitplan

Geben Sie die Dokumentation des Hausarbeits bis spätestens zum 8. September 2020 ab. Zur Abgabe laden Sie den Bericht im PDF-Format bitte in ILIAS im Ordner der Hausarbeit hoch.

Geben Sie bitte auch Ihre Pythondateien (*.py) für die U-Magnet-Anordnung ab. Packen Sie die Dateien nicht in eine Archivdatei, sondern laden Sie sie nacheinander hoch.

Die Namenskonvention für die abgegebenen Dateien lauten:

Name_Vorname_Matrikelnummer_FEM-Hausarbeit.pdf

Name_Vorname_Matrikelnummer_FEM-Hausarbeit_Aufgabe.py

2 Vorbereitung

2.1 Einarbeitung in das Thema Python

In der Hochschulbibliothek steht eine größere Zahl von Büchern zum Thema Python elektronisch zur Verfügung, unter anderem auch [1] und [2].

2.2 Unterlagen zum Hausarbeit

Das Programm Agros2D ist bereits aus den vorangegangenen beiden Projekten bekannt. Videotutorials gibt es diesmal keine.

Sie können sich Anwendungen der Automatisierung mit Python in den Beispielen in Agros2D unter

File → Open example... → Tutorials → Cylindrical Capacitor

und

File → Open example... → Examples → Magnetostatics → Switched Reluctance Machine

und

File → Open example... → Other → TEAM Workshops → PTEAM Workshop 30 1f

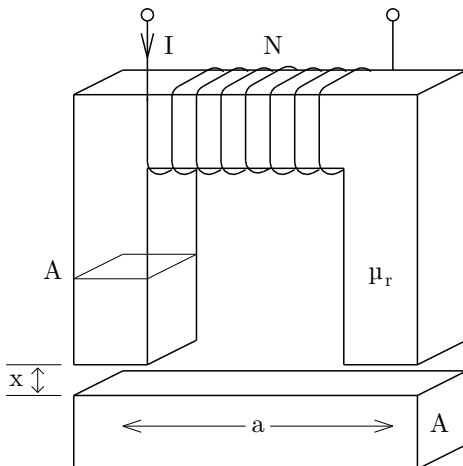
und

File → Open example... → Other → TEAM Workshops → PTEAM Workshop 30 3f

anschauen.

3 Aufgabenstellung 1

Hier wird nochmal das Problem aus dem Projekt 2 betrachtet. Dort wurden mehrere Ströme und Magnethöhen untersucht. Dies soll hier automatisiert werden. Hier nochmal die Aufgabenstellung:



Strom: $I = 16 \text{ A}$

Windungszahl $N = 50$

Kernmaterial aller Teile: $\mu_r = 3500$

Querschnittsfläche überall: $A = 3 \cdot 3 \text{ cm}^2$

Breite des I-Joches: $a = 17 \text{ cm}$

Breite des U-Joches: $a = 17 \text{ cm}$

Höhe des U-Joches: $a = 14 \text{ cm}$

Luftspalt (einfach): $x = 1 \text{ mm}$

Die Tiefe des Joches ist mit 3 cm wesentlich größer als der Luftspalt ist, sind die Randeffekte vernachlässigbar und eine zweidimensionale Berechnung ist zulässig. Bei größeren Luftspalten beziehungsweise Magnethöhen gilt dies nicht mehr. Da Agros2D aber nur zweidimensionale Probleme lösen kann, wird dies hier vernachlässigt.

Leider scheint es keine Möglichkeit zu geben, mit den Python-Befehlen nichtlineare Materialkennlinien vorzugeben. Daher wird hier wieder mit einer festen Permeabilität gerechnet.

1. Bei der Aufgabenstellung in ILIAS finden Sie das Skript *FEM-Hausarbeit-Vorlage.py* für die Erstellung und Simulation des Vollmodells mit Spule und ohne Permanentmagnet. Machen Sie sich anhand dieses Skriptes mit der prinzipiellen Vorgehensweise der Steuerung von Agros2D durch Python und den einzelnen Befehlen vertraut. Nach dem Durchlauf des Skriptes können Sie das entstandene gelöste Modell in der grafischen Oberfläche anschauen und auch weiter bearbeiten.
2. Führen Sie eine sinnvolle Symmetrielinie in dem Modell im Python-Skript ein und simulieren Sie nur das Teilmodell. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen aus dem Projekt 2.
3. Ändern Sie das Skript des Teilmodells so, dass Sie automatisiert in Schritten von $\Delta I = 1 \text{ A}$ im Intervall von $I = 1 \text{ A}$ bis $I = 64 \text{ A}$ die Stromstärke verändern. Lassen Sie die Werte für die Zugkraft und die Flussdichte im Luftspalt in Abhängigkeit des Stromes von Agros2D in ein Diagramm eintragen.

4 Aufgabenstellung 2

1. Ändern Sie das Skript aus Aufgabe 1.3, ersetzen Sie jedoch die unteren drei Millimeter des Joches durch ein Magnetmaterial mit der relativen Permeabilität: $\mu_r = 1,11$ und der Remanenzflussdichte: $B = 1,28 \text{ T}$. Setzen Sie jedoch den Strom zu Null.
2. Ändern Sie das Skript so, dass Sie automatisiert in Schritten von $\Delta h_{\text{Magnet}} = 1 \text{ mm}$ im Intervall von $h_{\text{Magnet}} = 1 \text{ mm}$ bis $h_{\text{Magnet}} = 11 \text{ mm}$ Eisenmaterial durch Magnetmaterial ersetzen. Lassen Sie die Werte für die Zugkraft und die Flussdichte im Luftspalt in Abhängigkeit der Magnethöhe von Agros2D in ein Diagramm eintragen. Erklären Sie den Verlauf der Zugkraft.

5 Aufgabenstellung 3

1. Setzen Sie die Magnethöhe auf $h_{\text{Magnet}} = 3 \text{ mm}$ und ändern Sie das Skript so, dass Sie automatisiert in Schritten von $\Delta I = 5 \text{ A}$ im Intervall von $I = -60 \text{ A}$ bis $I = 60 \text{ A}$ die Stromstärke verändern. Lassen Sie die Werte für die Zugkraft und die Flussdichte im Luftspalt in Abhängigkeit des Stromes von Agros2D in ein Diagramm eintragen. Begründen Sie den Verlauf.
2. Vergleichen Sie den Verlauf der Kurve mit der aus Aufgabenstellung 1. Begründen Sie die Unterschiede.

6 Quellenverzeichnis

- [1] Christoph Schäfer
Schnellstart Python
Springer Spektrum, Wiesbaden, 2019
<https://www.digibib.net/permalink/832/FHBK-x/HBZ:HT020075721>

- [2] Sebastian Dörn
Python lernen in abgeschlossenen Lerneinheiten
Springer Vieweg, Wiesbaden, 2020, ISBN 978-3-658-26496-3 (eBook)
<https://www.digibib.net/permalink/832/FHBK-x/HBZ:HT020300145>