Aufgabe 13: Magnetostatik

Die Magnetostatik befaßt sich als Teilgebiet der Elektrodynamik mit quasi-statischen Magnetfeldern, die durch einen elektrischen Strom oder Permanentmagneten hervorgerufen werden. Mit Hilfe der Magnetostatik lassen sich also z. B. die Eigenschaften von Elektromagneten erklären.

Gegeben

Eisenstab 25 mm Kern (U-förmig) 15 mm Spule mit 1000 Wicklungen 25 mm 80 mm 50 mm Enclosure (Luft)

Entwerfe einen Elektromagneten mit folgenden Abmessungen:

Gesucht

... ist die Kraft, die der Magnet auf den Eisenstab ausübt.

Arbeitsschritte

- 1. Starte AnsysWB und lege ein *Magnetostatic*-Projekt an.
- 2. Generiere die Geometrie bestehend aus Spule, Kern und Eisenstab.
 - Die Spule sollte, wie auf der Abbildung zu sehen, aus insgesamt 8 *einzelnen* Solids bestehen. Verwende für die Modellierung der "Ecken" passend dimensionierte Segmente eines Hohlzylinders!
 - Achtung: Alle Solids (einschließlich der "Enclosure") müssen in einem einzigen Part gruppiert sein!
- 3. Wechsle in das *Mechanical*-Modul und erledige die restlichen der üblichen Unterpunkte des Preprocessings:
 - Vernetzung
 - Aufbringen von Last/Randbedingungen
- 4. Die Stromrichtung in den 8 Teilkörpern der Spule hängt von der *y*-Richtung des jeweils zugewiesenen lokalen Koordinatensystems ab. Standardmäßig entspricht dieses dem globalen Koordinatensystem. Um konsistente Stromrichtungen in allen Körpern zu erhalten, definiere zunächst vier kartesische Koordinatensysteme für die vier quaderförmigen Teilkörper der Spule, wobei die *y*-Achse dieser Koordinatensysteme in die gewüschte Stromrichtung zeigen sollte (Model → Coordinate Systems → Insert). Diese Koordinatensysteme weist Du dann den jeweiligen Solids zu (Geometry → <Part Name> → <Solid Name> → Details: Coordinate System). Für die vier abgerundeten "Ecken" (= Segmente eines Hohlzylinders) genügt hingegen ein gemeinsames, dann aber zylindrisches Koordinatensystem.
- 5. Verwende zunächst nur die Standardmaterialien *Structural Steel* (Spule, Kern) und *Air* (Enclosure).
- 6. Definiere die elektrischen Eigenschaften der Spule, indem Du die entsprechenden acht Volumenkörper wählst und ihnen die Eigenschaft Source Conductor (unter Magnetostatic) vom Typ Stranded mit 1000 Wicklungen (Turns) zuweist. Die leitfähige Fläche sollte 50 mm² betragen. Lege außerdem einen entsprechenden Strom von 1 A fest (Insert → Current).
- 7. Bringe als Randbedingungen "Magnetic flux parallel" auf die 6 Außenflächen der Enclosure auf.

Aufgaben & Fragen:

- 1. Stelle die magnetische Flußdichte dar (Kontur- und Vektorplot; evtl. Enclosure ausblenden).
- 2. Überprüfe die Flußrichtung des Magnetfeldes auf Plausibilität!
- 3. Vergleiche jeweils die B- und H-Felder der einzelnen Komponenten (Kern, Luft). Überprüfe, ob die Ergebnisse zur magnetischen Permeabilität der jeweiligen Materialien passen!

- 4. Welche Kräfte wirken auf den Eisenstab [Solution → Insert → Probes → Force Summation]?
- 5. Erhöhe den Strom in der Spule zunächst auf 2 A, dann auf 6 A. Sind die berechneten Kräfte plausibel?
- 6. Wähle realistischere Materialmodelle: Ersetze die "Stahlspule" durch eine aus Kupfer. Verwende (reines) Eisen für den Kern und den Eisenstab. Wie verhält sich das Modell nun, wenn Du die Stromstärke änderst? Welches Material wäre für den Kern eine noch bessere Wahl?
- 7. Wie verhalten sich die erzeugten Kräfte in Abhängigkeit von der Distanz zwischen Elektro-Magnet und Eisenstab?
- 8. Untersuche auch den Einfluß der Anzahl der Wicklungen und des Leitungsquerschnitts der Spule!