

Brauchbarkeit von FEMM 4.2 für Ermittlung der Koppelzahl

Analyse der Simulationsergebnisse mit realen Messwerten

Bedeutung der Koppelzahl

Heute werden immer mehr Geräte kabellos induktiv aufgeladen. Beispielsweise wird ein Smartphone auf ein Ladegerät gelegt, anstelle es via Stecker zu laden. Jedoch ist die Ladeeffizienz, von der Positionierung abhängig. Eine schlechte Positionierung hat eine reduzierte Ladeeffizienz bis hin zum kompletten Ausfall des Ladeprozesses zur Folge.

Der Grund liegt darin, dass das Magnetfeld, das von der Sendespule des Ladegerätes erzeugt wird, nicht, falsch oder zu wenig von der Empfängerspule erfasst wird.

Wie gut diese Erfassung ist, definiert die Koppelzahl. Sie reicht von 0 bis 1 oder 0 bis 100% und besagt wieviel vom erzeugten Magnetfeld beim Empfänger ankommt.

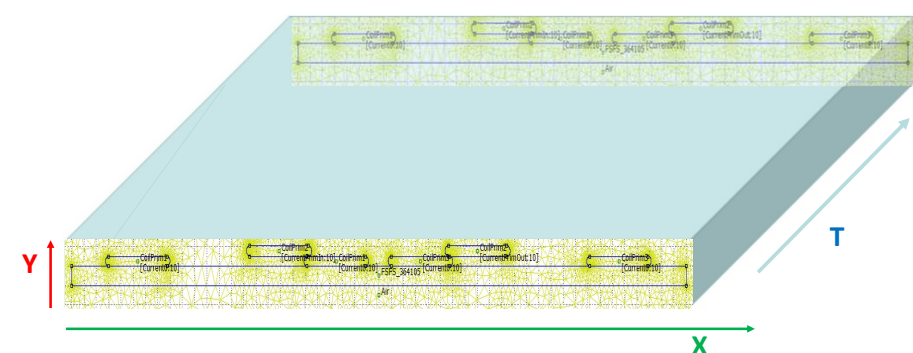


Abb. 2: FEMM-Modell X * Y mit zusätzlicher Tiefendarstellung T zur Verdeutlichung der dritten Dimension

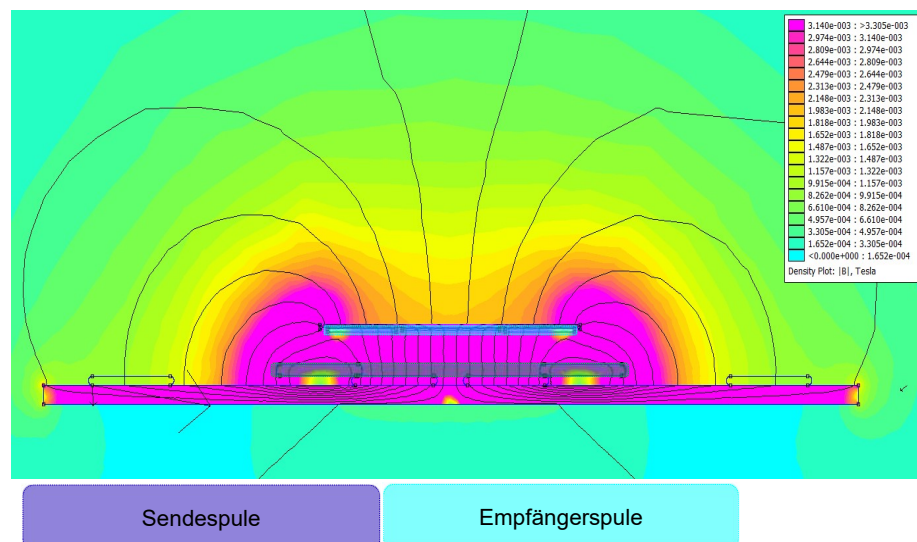


Abb. 1: Schnittprofil von Sender und Empfängerspule aus der FEMM-Simulation

FEMM 4.2

FEMM 4.2 ist ein Finite-Elemente-Programm und dient der Analyse von Magnetfeldern, elektrostatischen Feldern oder Wärmeströmen. Es lassen sich Modelle skizzieren, mit Materialeigenschaften versehen und auf verschiedene Parameter auswerten. FEMM ist Open Source. Durch den einfachen Aufbau lassen sich Problemstellungen, verglichen mit grossen Finite-Elemente-Programmen sehr schnell modellieren und analysieren. Nachteil ist, dass es Probleme nur 2-dimensional erfassen und verarbeiten kann. Dies unterscheidet sich von unserer 3-dimensionalen Welt. Die dritte Dimension wird dabei nur als Pseudo-Erweiterung des Modells in die Tiefe des Bildes, wie in Abb. 2, dargestellt.

Bewertung und Verbesserungsmöglichkeit

Modellabhängig liegt das FEMM Modell im Bereich um +/- 10% des gemessenen Koppelwertes (Abb. 3). Für genauere Werte lässt sich von der anderen Ansicht (Abb. 4) her ein zweites Modell erstellen und die Summe der Felder bilden. Verschiebungen lassen sich nur mit rechteckigen Spulenprofilen simulieren.

- Ungenauigkeiten und Fehler werden verursacht durch:
- Verschiebung der Empfängerspule zur Senderspule.
 - Grösserer Höhenabstand zwischen Sender- und Empfängerspule
 - Grössere Radien bei der Rechteckspule (Abb. 4 & 5)



Abb. 4: Sendespulenarray im Testaufbau. Die Empfängerspule darüber ist verdeckt.

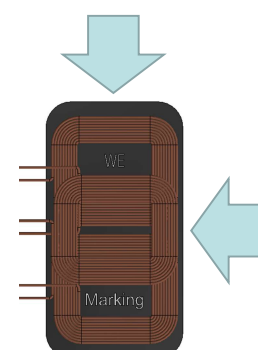


Abb. 5: Perspektiven für die FEMM Modellierung auf das Sendespulenarray, bestehend aus 3 Einzelspulen dargestellt

Der Nutzen dieser Arbeit

Diese Arbeit leistet keine direkte technische Weiterentwicklung der induktiven Energieübertragung. Doch die Ergebnisse helfen dabei einem Entwickler den Nutzen der Simulation im FEMM zu deuten.

Zweck dieser Arbeit

Genügt trotz der Einschränkungen FEMM 4.2 als vereinfachtes Simulationstool für das Engineering?

Um diese Frage zu beantworten wurde eine weitere Frage als Prüfstand gestellt: Kann die Koppelzahl mit Hilfe eines Sendespulenarrays besser auf einem hohen Wert bleiben?

Dazu wird ein Testaufbau gebaut, welcher als FEMM-Modell nachgebaut ist. Die Messwerte des Testaufbaus und die FEMM-Resultate werden verglichen. Zusätzlich sind ebenfalls Korrekturmassnahmen gesucht, um die Simulationsergebnisse zu verbessern.

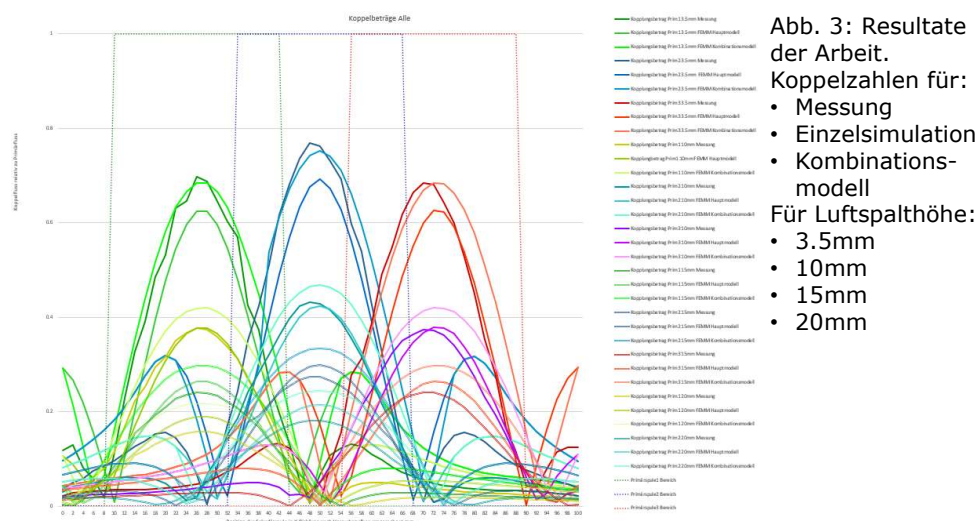


Abb. 3: Resultate der Arbeit. Koppelzahlen für:

- Messung
- Einzelsimulation
- Kombinationsmodell

Für Luftspalthöhe:

- 3.5mm
- 10mm
- 15mm
- 20mm

Studiengang / Semester: Systemtechnik FS2020

Diplomand: Robin Dittli

Auftraggeber: Prof. Dr. Hans Gysin, begleitend zu einem KTI Projekt mit der Firma Otto Suhner AG

Experte: Peter Bürgin

Dozent: Prof. Dr. Hans Gysin
hans.gysin@fhnw.ch