

# Master- / Diplomarbeit Master-/ Diploma thesis

Betreuer / Supervisor    *Dipl.-Ing. Daniel Eggers*  
E-mail: *Daniel.Eggers@iem.rwth-aachen.de*  
Tel: 0241 80-97680  
*Dipl.-Ing. Simon Steentjes*  
E-mail: *Simon.Steentjes@iem.rwth-aachen.de*  
Tel: 0241 80-97681

## **Berechnung und Analyse nicht-linearer Wirbelstromverluste in Elektroblechen**

### **Motivation**

Es ist wohlbekannt, dass die tatsächlichen Wirbelstromverluste in ferromagnetischen Blechen erheblich höher sind als die klassischen Wirbelstromverluste, die unter der Annahme einer homogenen Verteilung der magnetischen Flussdichte berechnet werden. Dieser Anstieg der Wirbelstromverluste, der normalerweise als „Excess-Verluste“ bezeichnet wird, wurde traditionell auf die Existenz von Domänen innerhalb der magnetischen Leiter zurückgeführt. Ein weiterer Beitrag aufgrund des nicht-linearen Materialverhaltens wird häufig vernachlässigt und führt zu unzureichenden Verlustvorhersagen bei höheren magnetischen Flussdichten und Frequenzen. Da heutige elektrische Maschinen bei höheren Frequenzen (> 400Hz) betrieben werden und die Materialausnutzung mit dem Ziel einer höheren Leistungsdichte immer weiter vorangetrieben wird, ist die Berücksichtigung der steigenden Verluste in diesen Betriebsbereichen unverzichtbar. Der Mangel an geeigneten Verlustmodelle erfordert neue Entwicklungen.

### **Technisches Anwendungsgebiet**

Modellierung von Materialverhalten, Verlustberechnung, Simulation elektrischer Maschinen

### **Wissenschaftsgebiet**

Modellierung weichmagnetischer Werkstoffe, Numerische Feldberechnung

### **Möglicher Ansatz**

Nach einer kurzen Einführung in die Grundlagen der Eisenverlustmodellierung, sollte der Schwerpunkt auf die Modellierung der nicht-linearen Wirbelstromverluste gerichtet werden. Die IEM-Formel bietet dazu eine solide Basis. Die Möglichkeit der Verlustseparation ermöglicht es die verschiedenen Verlustmechanismen unabhängig zu behandeln. Damit kann die nicht-lineare Wirbelstromverlustkomponente analysiert und die Frequenz sowie magnetische Flussdichte Abhängigkeit ausgewertet werden. Im Anschluss soll eine physikalische Identifikation der nicht-linearen Effekte und Verbindung von diesen mit Materialeigenschaften, wie der Dicke der Bleche, dem spezifische Widerstand, etc. hergestellt werden. Abschließend sollen die gewonnenen Ergebnisse für die Eisenverlustberechnung einer Permanentmagnet-Synchronmaschine verwendet werden.

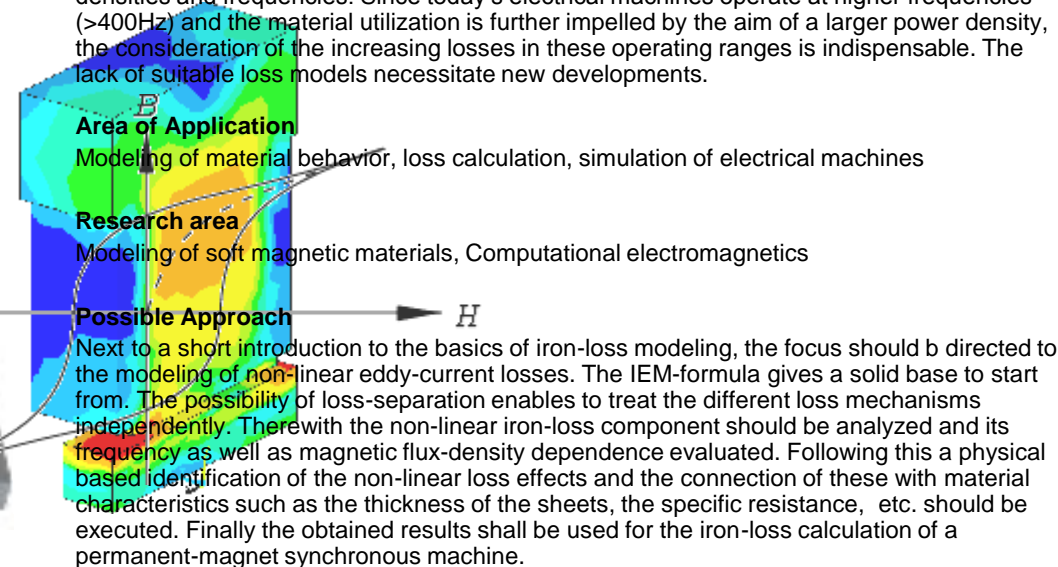
### **Erwartete Ergebnisse**

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist die Identifizierung und Bewertung der nicht-linearen Wirbelstromverluste. Die Identifizierung der Parameter zur Beschreibung dieser Verluste sollte mit Hilfe von Materialdaten und/oder Messungen möglich sein. Die daraus resultierende Formel sollte durch Messungen und Simulation ausgewertet werden.

## **Calculation and analysis of non-linear eddy-current losses in electrical steel laminations**

### **Motivation**

It is well known that the actual eddy current losses in ferromagnetic laminations are appreciably higher than the classical eddy current losses computed under the assumption of uniform distribution of magnetic flux density. This increase in eddy current losses, usually called “excess losses”, has been traditionally attributed to the existence of domains within the magnetic conductors. A further contribution, due to the non-linear material behavior, is commonly neglected and leads to insufficient loss descriptions at higher magnetic flux densities and frequencies. Since today’s electrical machines operate at higher frequencies (>400Hz) and the material utilization is further impelled by the aim of a larger power density, the consideration of the increasing losses in these operating ranges is indispensable. The lack of suitable loss models necessitate new developments.



### **Expected Results**

The aim of this diploma thesis is the identification and evaluation of non-linear eddy-current loss components. The identification of the parameters for the description of these losses should be given by material data and/or measurements. The resulting formula should be evaluated by measurements and simulation.