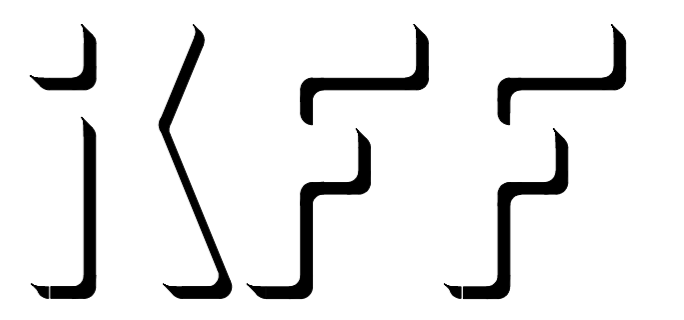


Dynamische Untersuchungen an Lineardirektantrieben, speziell Rastkraftuntersuchungen



Einleitung

Sowohl bei der Entwicklung von rotatorischen als auch bei Linearantrieben mit bewegten Eisenkomponenten stellen reluctanz-behaftete Rastkräfte ein Problem dar. Rastkräfte (engl. detent force, cogging force) sind magnetische Störkräfte, die zwischen dem Eisen des Primärteils und den Magneten des Sekundärteils in Abhängigkeit der Position zueinander periodisch wiederkehrend wirken. In eisenlosen Motoren können sie vernachlässigt werden.

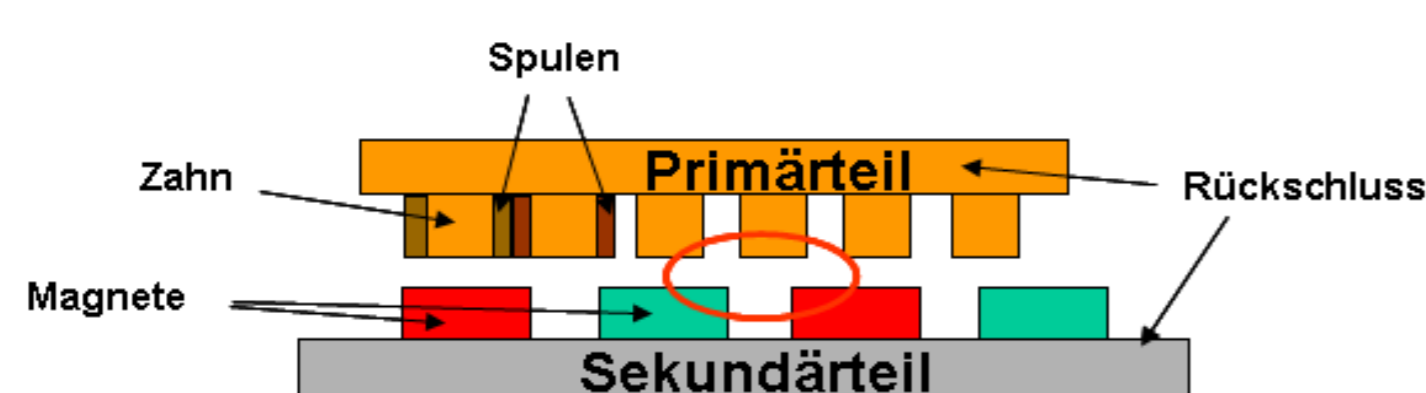


Abb. 1: Seitliche Ansicht eines Linearmotors

Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Rastkräfte führen zu einer schlechteren Positionierbarkeit, zu Geschwindigkeitsschwankungen und somit zu Instabilitäten im Vergleich zu eisenlosen Motorvarianten. Vor allem ist ein starker Einfluss der Nichtlinearitäten bei niedrigen Verfahrensgeschwindigkeiten festzustellen. Daher werden derzeit Untersuchungen zu den mechanischen Einflussmöglichkeiten, als auch regelungstechnischen Einflüssen am Lehrstuhl bezüglich Lineardirektantrieben untersucht. Ziel der Untersuchungen ist eine einheitliche Darstellung, die Verifizierung und Validierung der Einflussmöglichkeiten (mechanisch, elektrisch/elektronisch) für das Bewegungsverhalten bei dynamischen Positionierprozessen unter der Berücksichtigung von Rastkräften. Hieraus sollen definierte Konstruktions- (geometrisch) und Regelungs-/Steuerparadigmen (elektrisch/elektronisch) für Lineardirektantriebe bei mitbewegtem Eisen abgeleitet und überprüft werden. Vergleichend sind Untersuchungen zu eisenlosen hochdynamischen Antrieben vorgesehen.

Einflussmöglichkeiten

Generell kann auf zwei Arten Einfluss auf Rastkräfte genommen werden. Zum einen kann mechanisch, also über die Geometrie, zum anderen durch regelungs- und steuerungstechnischen Verfahren (elektrisch)

Einfluss auf die Wirkung von Rastkräften genommen werden. Maßgeblich für die geometrische Manipulation der Rastkräfte sind z. B. die Größen des Luftspaltes, die Magnete und die Gestaltung des Rückschlusses.

Für die Untersuchung der Rastkraftthematik werden hierzu 3D-Simulationen mit Hilfe der FEM-Methoden durchgeführt. Abb. 2 stellt beispielhaft einen Ausschnitt aus einer Simulation dar. Es zeigt ein

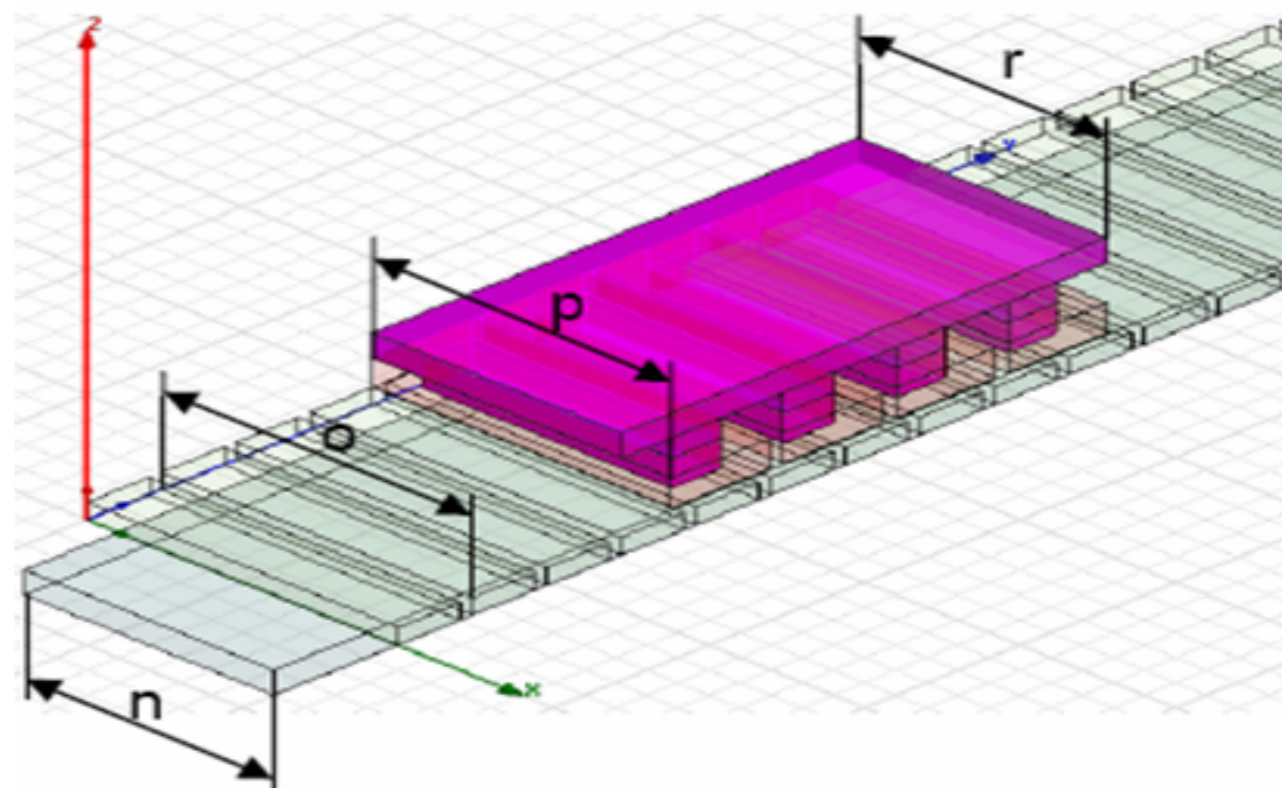


Abb. 2: Simulationsmodell eines Lineardirektantriebes

Simulationsmodell eines Linearmotors, an dem die Geometrien optimiert werden. Anschließend erfolgt die Überprüfung der durch Simulation gewonnenen Ergebnisse bzw. Erkenntnisse an einem eigens dafür aufgebauten modularen Teststand. Die folgende Darstellung in Abb. 3 zeigt einen der institutseigenen Teststände zur Untersuchung der geometrischen Einflussfaktoren.

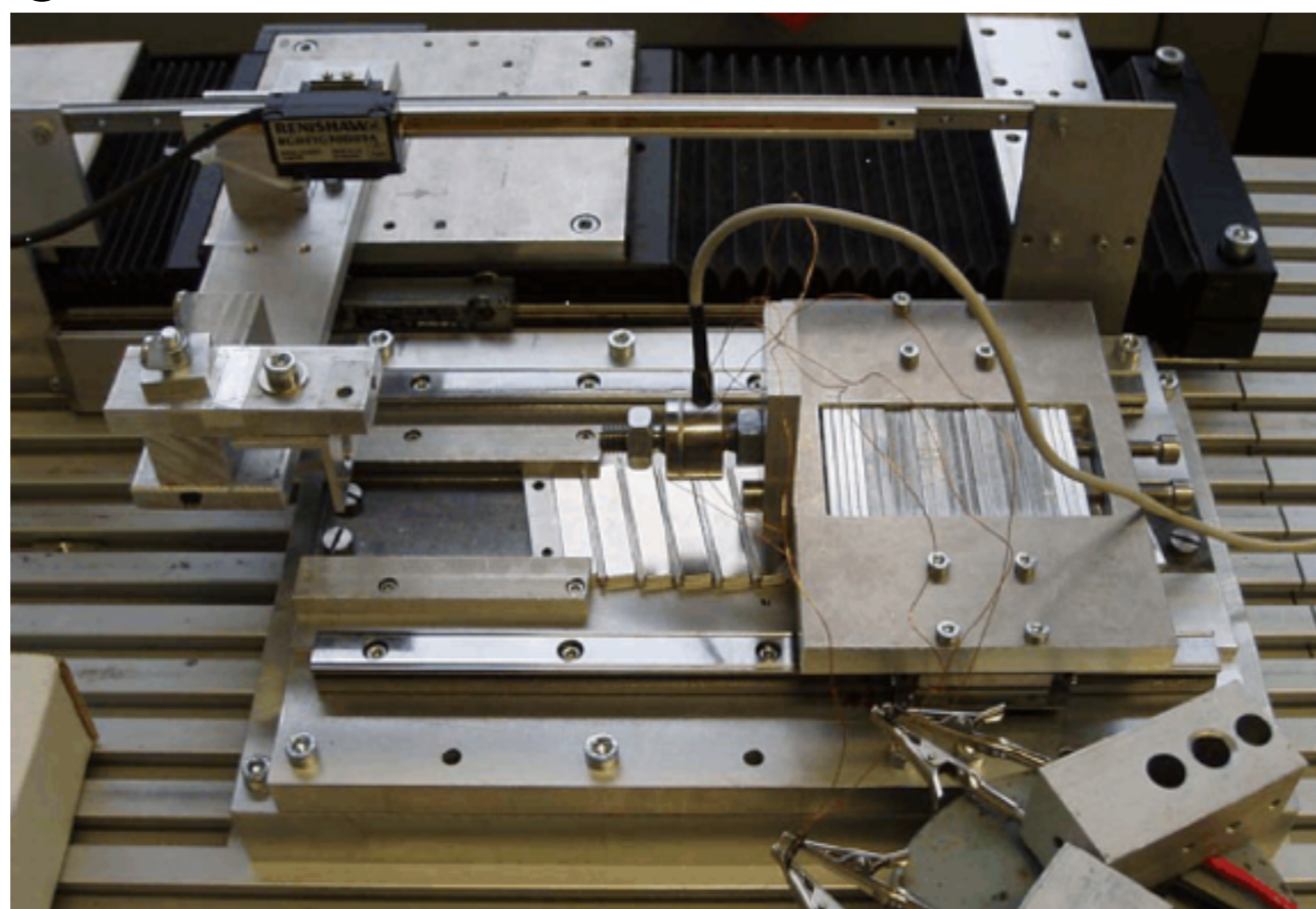


Abb. 3: Rastkraftteststand und Prätec-Linearachse für statische Rastkraftuntersuchungen

Hierbei können modular verschiedene Rückschlussvarianten und Magnetanordnungen bestückt, vermessen und überprüft werden.

Neben den geometrischen Manipulationsmöglichkeiten besteht die Möglichkeit, über regelungs- und steuerungstechnische Maßnahmen Rastkräfteinflüsse auszuregulieren. Wesentlich kann hier Einfluss genommen werden über eine Ansteuerung mittels Sinuskommutierung, über geeignete Reglermodelle und Regelkreisstrukturen und damit zusammenhängend über eine sinnvoll gewählte Regleroptimierung. So besteht, im Vergleich zur

Blockkommutierung, bei der Sinuskommutierung die Möglichkeit, bei identisch ins System eingebrachter Leistung mehr Kraft in ein Zweispulensystem einzubringen. Bei geeigneter PWM-Taktung der Leistungsendstufe (H-Brücken), z. B. mit einer Frequenz von 30 kHz, kann nicht nur mehr Kraft sondern auch ein sanftes geräuschloses Schalten erzielt werden.

Nicht nur die Sinuskommutierung sondern auch verschiedene Regelmodelle sind prägend für das Positionier- und Regelverhalten. Mit Hilfe von Matlab/Simulink® werden hierzu derzeit unterschiedliche Regelungsstrukturen überprüft. Weiter werden diese Strukturen mit einer handelsüblichen Regelung verglichen und Unterschiede aufgezeigt. Abb. 4 zeigt beispielhaft die Regelungsstruktur des dynamischen Rastkraftteststandes, eines eisenbehafteten langhubigen LDAs des IKFFs.

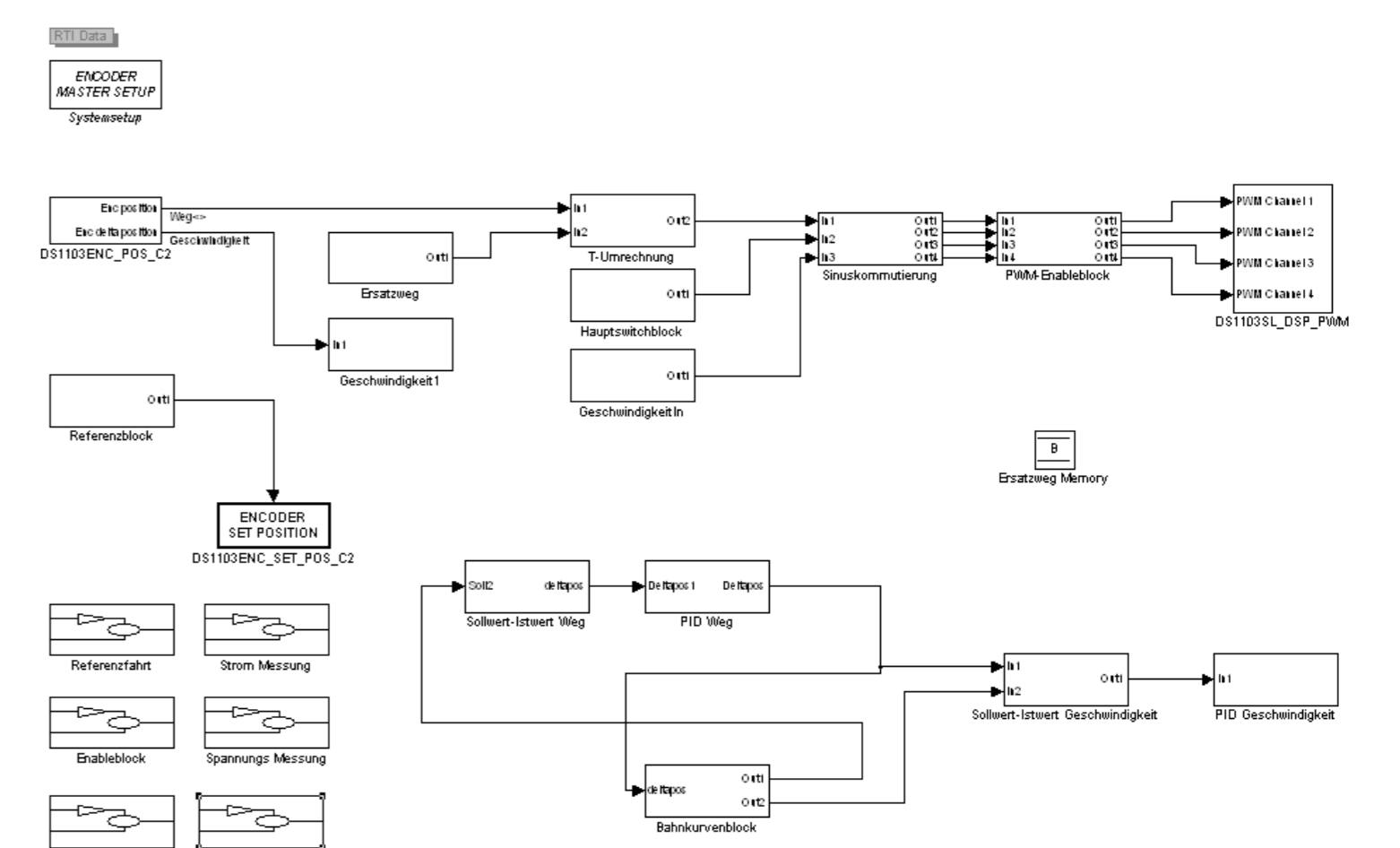


Abb. 4: Regelungsstruktur des dynamischen LDAs

Zusammenfassung

Bei dynamischen Bewegungen haben Rastkräfte bei eisenbehafteten Motoren (rotatorisch, linear) erheblichen Einfluss auf das Bewegungsverhalten. Diese magnetischen Störkräfte können sowohl geometrisch als auch elektrisch/elektronisch beeinflusst und verringert werden. Derzeit werden hierzu verschiedene Simulationen durchgeführt und zwei Teststände wurden aufgebaut. Der erste Teststand, dient zur Überprüfung der statischen Simulationen, der zweite Prüfstand, ein langhubiger LDA, dient zur Untersuchung der dynamischen Einflüsse und der Kontrolle der transienten Simulationen. Die bisher gewonnenen Daten stimmen gut mit den durchgeführten Simulationen überein.

Kontakt:

Dipl.-Ing. Philipp Joerges
 Telefon: +49 (0)711 685-66409
 Telefax: +49 (0)711 685-56409
 linearantriebe@ikff.uni-stuttgart.de