



Veröffentlichungen am IKFF



# **Elektrodynamische Lineardirektantriebe mit integriertem Wegmeßsystem**

R. Hartramph, W. Schinköthe (IKFF)

Beitrag zum

**Kongress Wirtschaft trifft Wissenschaft**

Stuttgart 8. - 9. Dezember 1998

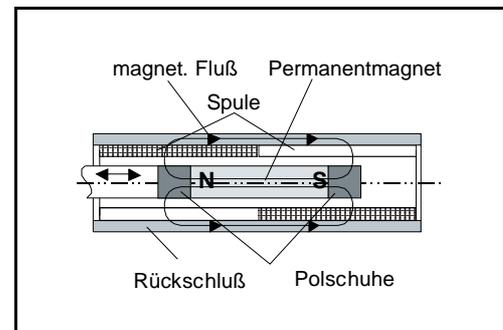
© 1999 Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik

# Elektrodynamische Lineardirektantriebe mit integriertem Wegmeßsystem

Dipl.-Ing. Ralf Hartrampf;  
 Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schinköthe  
 Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Fertigung in  
 der Feinwerktechnik, Stuttgart

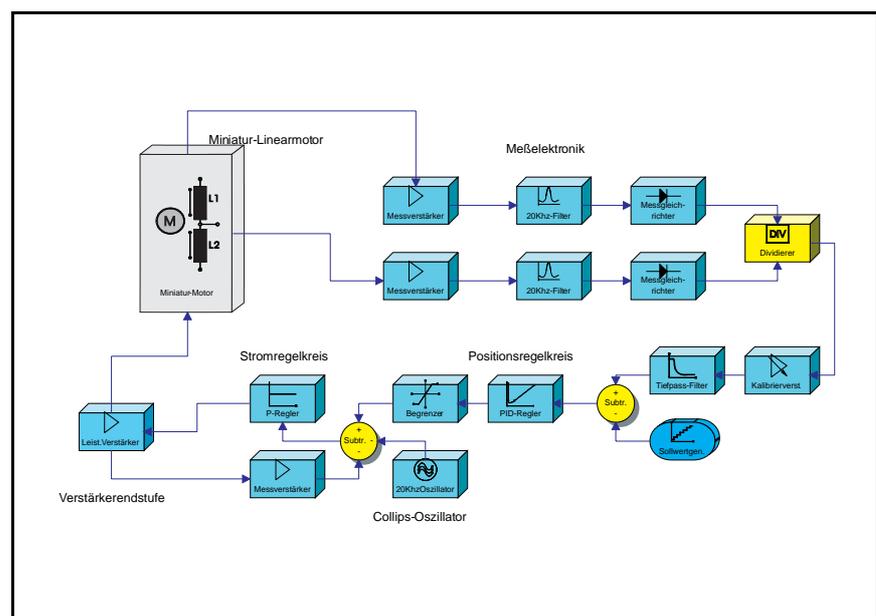
Positioniersysteme mit elektrodynamischen Antrieben erfordern die Realisierung eines geschlossenen Regelkreises und somit mindestens ein Wegmeßsystem. Der Aufwand dafür übersteigt gerade bei miniaturisierten Antrieben oft erheblich den Aufwand für den Antrieb selbst. In den Antrieb integrierte Meßsysteme, die ohne zusätzliche mechanische oder optische Bauelemente auskommen, bieten deshalb eine vielversprechende Alternative.

Betrachtet man einen speziellen Linearmotor mit bewegten Magneten nach Bild 1, so bietet sich für die Erfassung der Läuferposition an, die von der Läuferposition abhängige Induktivität bzw. Impedanz in den beiden Teilspulen des Motors zu messen. Die Spulen und der magnetische Rückschluß eines solchen Motors sind ortsfest, der Magnet ist beweglich. Da in der gezeigten Bauform die Feldrichtungen an den beiden Enden des bewegten Magneten und damit die Richtungen des Luftspaltfeldes entgegengesetzt sind, ist eine Stromrichtungsumkehr zwischen den beiden magnetischen Polen erforderlich. Erreichen läßt sich dies durch Auftrennen in zwei Teilspulen mit entgegengesetzter Bestromung. Jede der beiden Teilspulen erstreckt sich dabei über die halbe Länge des Rückschlusses.



**Bild 1:** Geeigneter Motoraufbau für eine integrierte Wegmessung

Diese beiden Teilspulen lassen sich nun zusätzlich als Wegmeßsystem nutzen, wenn überlagert zum Motorstrom ein hochfrequentes Signal, wie bei Differentialtransformatoren als Trägerfrequenz üblich, aufgeprägt und über eine Brückenschaltung ausgewertet wird. Eine entsprechende elektronische Schaltung zur Auswertung des Verhältnisses der Impedanzen der beiden Teilspulen ermöglicht dann die Erzeugung eines wegproportionalen Signales (Differentialdrosselprinzip). Da das Spulensystem jedoch gleichzeitig als Antriebswicklung des Motors dient, ist eine Überlagerung beider Funktionen nötig (Bild 2).

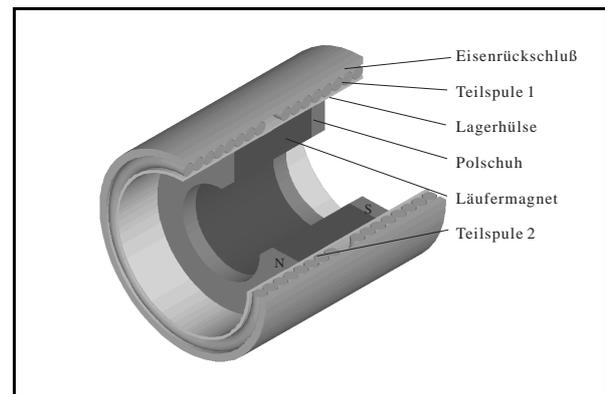


**Bild 2:** Blockschaltbild der Motorregelung mit integrierter Wegsignalerzeugung

## Elektrodynamische Lineardirektantriebe mit integriertem Wegmeßsystem

Für diesen Zweck wird beispielsweise auf das Ausgangssignal einer stromgesteuerten Gleichstromendstufe einer Motortreiberschaltung eine sinusförmige Meßwechselspannung aufgekoppelt. Dies kann durch Summation zum Stromsollwert erfolgen. Die hochfrequente Meßwechselspannung (ca. 20 kHz) wird dem niederfrequenten Antriebsstrom überlagert, wobei die Amplitude der Meßspannung hier bei maximal 5% der Motorspannung liegt. Aufgrund der Motorträgheit hat die Meßwechselspannung keinerlei Einfluß auf das Bewegungsverhalten des Motors. Greift man nun die Meßwechselspannung über beiden Teilspulen getrennt ab, so ist die gemessene Spannungsamplitude abhängig von der Impedanz der jeweiligen Teilspule, also abhängig von der Position des Läufers. In einer Meßschaltung werden die gemessenen Wechselspannungen gefiltert, verstärkt und anschließend elektronisch dividiert, um Gleichfeldstörungen zu beseitigen. Am Ausgang steht somit ein der Läuferposition proportionales Signal zur Verfügung.

Bild 3 zeigt einen praktischen Aufbau, einen Motor mit freiem Mitteldurchgang zur Bewegung einer Optik in einem Endoskop, bei dem eine integrierte Wegsignal-erzeugung zum Einsatz kommt. Die realen Abmessungen betragen beispielsweise  $\varnothing 6.5\text{mm} \times 7\text{mm}$  bei einem freien Durchmesser von 3,5 mm. Ein axial magnetisierter Permanentmagnetläufer mit Polschuhen an beiden Enden bewegt sich in einer Gleithülse aus Messing. Die Gleithülse trägt ein zweigeteiltes Spulensystem.



**Bild 3:** Miniaturlinearmotor mit integriertem induktivem Wegmeßsystem

Eine Vergrößerung der beschriebenen Motoren und damit der zu stellenden Motorleistungen erhöht bei analogen Stellgliedern die auftretenden Verlustleistungen stark. Statt analoger Stellglieder sind dann getaktete, beispielsweise pulsweitenmodulierte Stellglieder erforderlich. Für die Nutzung von Pulsstellern wurde deshalb eine ähnliche Lösung entwickelt. Hier wird jedoch keine zusätzliche Meßfrequenz aufgekoppelt, sondern die bereits relativ hohe Schaltfrequenz des Pulsstellers ausgenutzt und zu festgelegten Zeitpunkten der Induktivitätsunterschied aus einer Messung des Spannungsanstieges im Rechtecksignal nach dem Flankenwechsel ermittelt. Diese ist dann auch auf mehrsträngige, elektronisch kommutierte Motoren für größere Bewegungsbereiche übertragbar. Voraussetzung dafür ist allerdings ein für die integrierte Wegsignal-erzeugung geeigneter Motoraufbau, d.h. eine entsprechende Motorkonstruktion und Dimensionierung.

Die entwickelten Antriebe mit integriertem Wegmeßsystem ermöglichen den Aufbau von Positioniersystemen ohne zusätzliche mechanische oder optische Bauelemente für ein Meßsystem. Sie erlauben also die Realisierung sehr kostengünstiger, robuster Positioniersysteme für niedrige bis mittlere Auflösungen und Genauigkeitsanforderungen. Mögliche Bauformen, Abmessungen und Anwendungsbereiche sind weit gefächert.

Hartrampf, Ralf, Dipl.-Ing.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik (IKFF) an der Universität Stuttgart.

Studium des Elektroingenieurwesens mit dem Schwerpunkt Feinwerktechnik an der Technischen Universität Dresden, 1992 bis 1993 Entwicklungs- und Projektingenieur bei der Firma Systemelektronik Berlin GmbH in Berlin und Braunschweig, ab 1993 wissenschaftlicher Mitarbeiter am IKFF, tätig auf dem Gebiet der Entwicklung elektrodynamischer Linearantriebe.

Institut für Feinwerktechnik, 70550 Stuttgart, Tel. 0711/685 6425; e-mail: hartrampf@ikff.uni-stuttgart.de

Schinköthe, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing.

Lehrstuhl- und Institutsleiter am Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik.

Studium des Elektroingenieurwesens mit dem Schwerpunkt Feinwerktechnik an der Technischen Universität Dresden, 1981 bis 1989 befristeter, später unbefristeter wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Elektronik-Technologie und Feinwerktechnik, 1985 promoviert. Ab 1989 zunächst Projektleiter bei Robotron-Elektronik Dresden und anschließend Chefkonstrukteur bei Feinmeß Dresden. 1993 Ruf an die Universität Stuttgart. Vorlesungen zur Konstruktionslehre, Gerätekonstruktion und Aktorik, Forschung zur Aktorik und zum Präzisions-spritzgießen.

Institut für Feinwerktechnik, 70550 Stuttgart, Tel. 0711/685 6411; e-mail: schinkoethe@ikff.uni-stuttgart.de

**Neue Telefon- und Telefaxnummer:**

**Telefon: +49 (0)711 685 – 6 6402**

**Telefax: +49 (0)711 685 – 6 6356**

**Neue E-Mail-Adressen:**

**ikff@ikff.uni-stuttgart.de**

**linearantriebe@ikff.uni-stuttgart.de**

**piezoantriebe@ikff.uni-stuttgart.de**

**spritzguss@ikff.uni-stuttgart.de**

**zuverlaessigkeit@ikff.uni-stuttgart.de**