

ERMITTLUNG DES DREHMOMENTPOTENTIALS EINES SCHWENKANTRIEBES MIT SPHÄRISCHER WIRKFLÄCHE FÜR KLEINE AUSLENKUNGEN IN ZWEI FREIHEITSGRADEN

F. Laube

Häufig wird in letzter Zeit von einschlägigen Forschungsinstituten, aber auch der Industrie, die Zusammenlegung mehrerer Bewegungsachsen in einem Mehrachsantrieb gefordert. Für derartige Anwendungen (z.B. in der Robotik) ist der Einsatz von Getrieben für mehr als eine Achse kaum vorstellbar, so daß die Entwicklung völlig neuartiger Maschinenkonzepte sinnvoll erscheint, welche die Vorteile von Direktantrieben gegenüber getriebebehafteten Lösungen und einer mehrachsigen Beweglichkeit in einem Antrieb vereinen.

In diesem Zusammenhang wurde eine parametrische Untersuchung zur Ermittlung des Drehmomentpotentials eines Antriebs untersucht, welcher eine begrenzte maximale Auslenkung (praktisch ca. $\pm 20^\circ$) eines kugelförmigen Rotorkörpers in zwei Freiheitsgraden (Schwenkwinkel φ, ϑ) ermöglicht. Dabei wird das Wirkprinzip eines konventionellen mehrphasigen Synchronmotors in Flachmagnetbauweise (Innenläufer) auf eine sphärische Wirkfläche übertragen und durch die intelligente Anordnung der vier Polelemente am Maschinenumfang eine weitgehende magnetische Entkopplung der beiden Bewegungsrichtungen erreicht. Die Vorteile dieses Konzeptes bestehen darin, daß relativ große Kraftdichten erreicht werden können, bedingt durch die permanentmagnetische Erregung eine Übertragung elektrischer Leistung auf den Rotorkörper entfällt (Wegfall von Bürsten, geringe Rotorerwärmung) und ein nahezu konstantes, von der Auslenkung des Rotorkörpers unabhängiges Moment aufgebracht werden kann (günstige Kraft-Weg-Charakteristik). Durch die Flachmagnetbauweise wird die Ankerrückwirkung begrenzt (großer magnetischer Luftspalt) und gegenüber der Sammlerbauweise bedingt durch die kleinere Rotormasse eine erhebliche Herabsetzung des Trägheitsmomentes des Rotorkörpers ermöglicht.

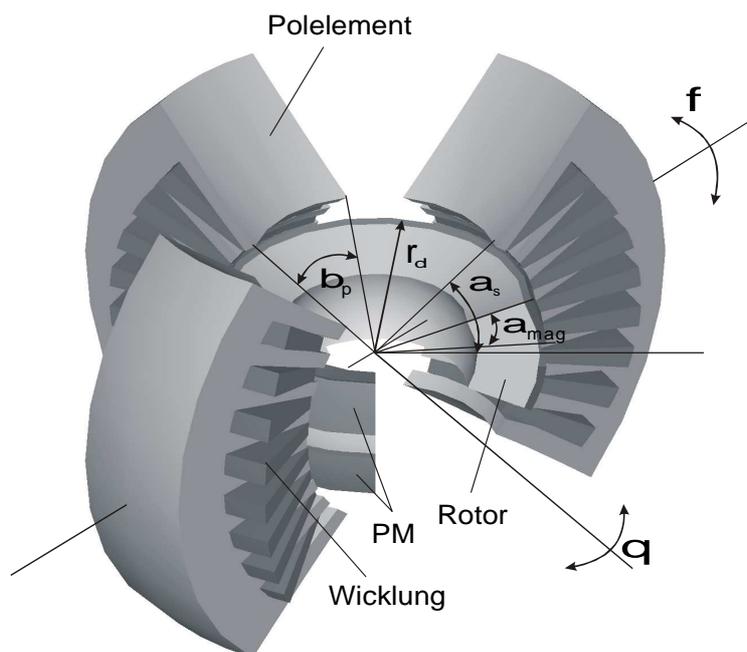


Bild 1: Schwenkantrieb

Aus **Bild 1** geht der Aufbau und die prinzipielle Wirkungsweise des Antriebs hervor. Es ist zu erkennen, daß die maximal mögliche Winkelauslenkung und das erreichbare Maximalmoment von

sehr vielen geometrischen Parametern abhängt (Statoröffnungswinkel α_s , Polbedeckungswinkel α_{mag} , Polwinkel β_p). Es ist darauf zu achten, daß die Polelemente sich nicht berühren, und daß genügend Platz für die Wickelköpfe vorgesehen wird. Außerdem muß eine Pollageerfassung und eine geeignete Lagerung untergebracht werden (hier nicht Gegenstand der Untersuchungen).

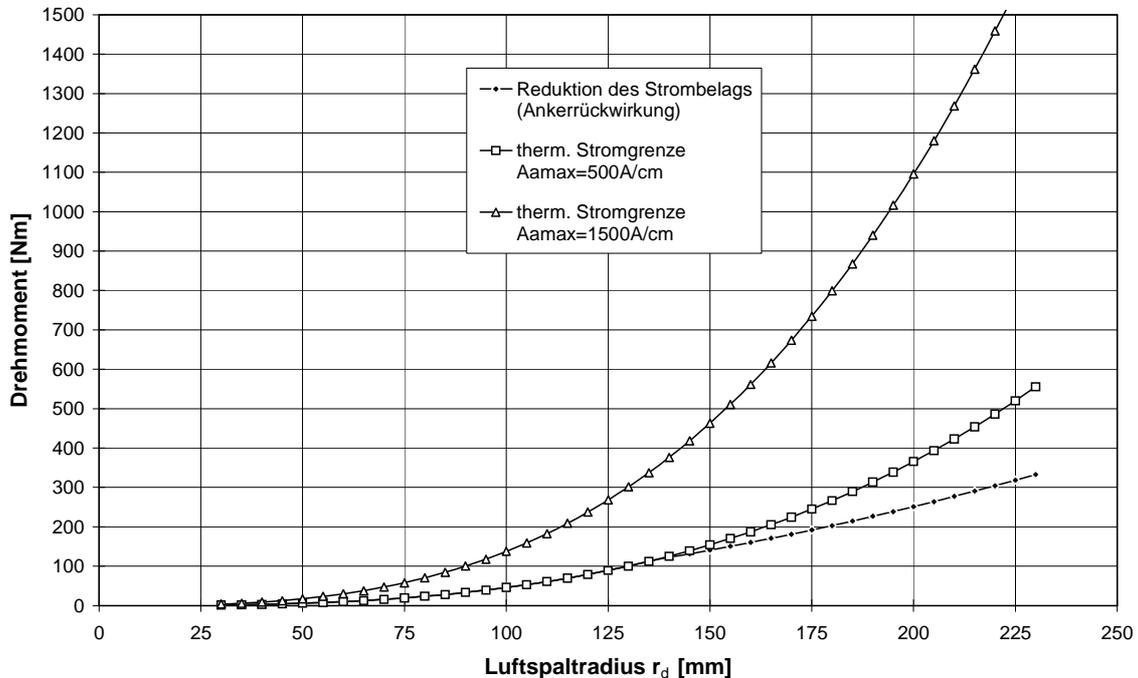


Bild 2: Drehmoment in Abhängigkeit von Luftspaltradius

$$(p=1 \text{ (pro Polelement)}, \alpha_{mag}=15^\circ, \beta_p=45^\circ, \alpha_s=35^\circ \Rightarrow \vartheta_{max}=\varphi_{max}=15^\circ)$$

Da es sich bei dem Antrieb um eine Strombelagsmaschine handelt, kann das Drehmoment aus der Kraftdichte ermittelt werden. Diese errechnet sich aus dem Produkt von Ankerstrombelag und Luftspaltflußdichte. Im **Bild 2** sind die Drehmomentverläufe in Abhängigkeit vom Luftspaltradius dargestellt. Für die Untersuchungen wurde von einer konstanten, für Maschinen in Flachmagnetbauweise typischen Luftspaltflußdichte $0,7T$ und einem geometrischen Luftspalt von $1mm$ ausgegangen. Der maximal mögliche Ankerstrombelag hängt von der thermischen Belastbarkeit der Maschine und vom maximal zulässigen Ankerfeld (Ankerrückwirkung) ab. Als Ankerstrombelag wurden beispielhaft Werte von $500A/cm$ (Erfahrungswert für luftgekühlte Maschinen) und $1500A/cm$ (wassergekühlte Maschinen) angesetzt. Die Begrenzung des Ankerstrombelags hinsichtlich der zulässigen Ankerrückwirkung wurde so vorgenommen, daß der Maximalwert des Ankerfeldes an der Magnetkante der Permanentmagneten nicht zu einer Entmagnetisierung des Magneten führt ($B_{a,max} < 0,7T!$). Der Maximalwert für den Ankerstrombelag ist somit abhängig vom magnetischen Luftspalt (Magnethöhe $h_m + \delta$) und von der Polteilung τ . Bei Maschinen mit großen Radien kann durch eine Erhöhung der Polpaarzahl p (kleinere Polteilung) die Ankerrückwirkung herabgesetzt werden. Ist eine Anhebung der thermischen Grenze für den Ankerstrombelag (z.B. bei Wasserkühlung oder Kurzzeitbetrieb) möglich, muß somit beachtet werden, daß dann die Ankerrückwirkung den Ankerstrom begrenzt.

Es hat sich gezeigt, daß für kleine Winkelauslenkungen kaum eine gegenseitige Beeinflussung der beiden Bewegungsachsen vorliegt [1],[2],[3]. Bei den analytischen parametrischen Feld- und Drehmomentberechnungen kann deshalb zunächst von einem 2D-Problem ausgegangen werden. Die Ergebnisse der Berechnungen wurden durch 2D-FE-Rechnungen bestätigt.

Literatur

- [1] Meins, J; Deeg, C.; Hanke, D.; Münscher, D.: Advanced Sidestick Controller With Electro-Magnetic Loading System. IMAB TU Braunschweig, DLR Institut für Flugmechanik Braunschweig, CEAS Symposium on Simulation Technology, Delft, 1995
- [2] Conradi, R.: MAGSI Der elektromagnetische Sidestick. Jahresbericht IMAB TU Braunschweig, 1996
- [3] Siems, S. O.: Entwicklung und Konstruktion eines aktiven Sidesticks. Diplomarbeit, IMAB TU Braunschweig, 1997