

Jahresbericht 2005, 2. Dezember 2005

# Wirtschaftlichkeit, Anwendungen und Grenzen von effizienten Permanent-Magnet-Motoren

|                                  |                                                                                                                                          |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Autor und Koautoren              | M. Lindegger, H.P. Biner, D. Salathé                                                                                                     |
| beauftragte Institution          | Circle Motor AG, Fachhochschulen Zentralschweiz und Wallis                                                                               |
| Adresse                          | Circle Motor AG, Tannackerstrasse 25, 3073 - Gümligen                                                                                    |
| Telefon, E-mail, Internetadresse | 031 952 52 52, <a href="mailto:info@circlemotor.ch">info@circlemotor.ch</a> <a href="http://www.circlemotor.com">www.circlemotor.com</a> |
| BFE Projekt-/Vertrag-Nummer      | 101374 / 151633                                                                                                                          |
| Dauer des Projekts (von – bis)   | 1.9.05 – 30.6.06                                                                                                                         |

## ZUSAMMENFASSUNG

Als „roter Faden „ durch die gesamte Studie dient die Gegenüberstellung der Permanent – Magnet - Maschine zur Asynchron – Maschine, mit dem Ziel, die Vorteile und die Grenzen von effizienten Permanent – Magnet – Motoren zu kennen.

Die Fachhochschule Luzern ist mit der Beschaffung der neuen Software MAXWELL 3D für die Berechnung von el. Maschinen gut gerüstet. Erste Berechnungen mit dieser Software sind erfolgt. Ebenfalls wurde mit der Analyse von Permanentmagneten auf der Basis von Seltenerdmetallen begonnen. Die Art der Permanent-Magnete hat nicht nur Einfluss auf die Effizienz der Maschine, sondern auch auf deren Fertigungstechnik und die Kosten. Also Gegebenheiten die direkt den Markterfolg betreffen.

Die Fachhochschule Wallis HEV's hat erste Messungen an einer eigenen 1.5kW PM-Maschine durchgeführt, sowie den nötigen Testplatz mit Leistungselektronik eingerichtet. Ebenfalls ist in einem Brainstorming eine Idee, einer kostengünstigen effizienten Elektronik entstanden, die den Antrieb von dreiphasigen PM-Motoren mit fester Drehzahl erlauben soll. Diese Elektronik soll im 2006 weiter verfolgt werden und bei Aussicht auf Erfolg auf dem Testplatz der HEV's an einer PM Maschine geprüft werden.

Zur Asynchronmaschine ( Normmotoren ) besteht eine Datensammlung von verschiedenen Herstellern. Schwieriger ist die Datenbeschaffung am Markt für die Permanent – Magnet – Maschine für Energiespar-Anwendungen. Deshalb sind die Untersuchungen der beiden Fachhochschulen an der Permanent – Maschine besonders wichtig. Im 2006 soll eine Software von Siemens zur Berechnung des Energiesparpotentials und der Amortisationszeit untersucht werden.

Gemäss Projektplan sind für alle drei Projektpartner Meilensteine erst anfangs 2006 vereinbart. Die im Rahmen des BfE-Projekts „Hocheffizienter getriebeloser Antrieb“ entwickelte mehrpolige 3kW PM-Maschine wird ab Monat Dezember 05 für Messungen an der HEV's verfügbar sein.

## Projektziele

Als „roter Faden „ durch die gesamte Studie dient die Gegenüberstellung der Permanent – Magnet - Maschine zur Asynchron – Maschine, mit dem Ziel, die Vorteile und die Grenzen von effizienten Permanent – Magnet – Motoren zu kennen. Die Aufgabe gliedert sich in drei Teile:

1. **theoretischer Teil** ( **Fachhochschule Zentralschweiz, HTA Luzern** )
2. **praktischer Teil** ( **Fachhochschule Wallis** )
3. **Markt** ( **Circle Motor AG** )

Das Ziel der Studie ist die Zusammenfassung der drei Aufgabenbereiche in marktbezogene Aussagen für den Einsatz der Permanent – Magnet – Maschine, bzw der Asynchronmaschine zum einsparen von el. Energie.

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

### 1 ) Theoretischer Teil der Fachhochschule Technik + Architektur Luzern

Seit Beginn des Projekts wurde an zwei Themenfelder gearbeitet:

#### A ) Übersicht der Magnetwerkstoff-Technologie

Als Einstieg wurde mit der Analyse des Standes der Technik von Permanentmagneten auf der Basis von Seltenerdmetallen begonnen.

Verglichen werden die jeweiligen Entmagnetisierungskurven und damit die Fähigkeit der Materialien hohe magnetische Flussdichten in Luftspalten von Motoren zu erzeugen. Wichtig ist auch deren Robustheit gegen eine Entmagnetisierung durch die magnetischen Feldstärken von grossen Strömen. Schliesslich gilt es die Magnete so zu dimensionieren, dass sie möglichst am optimalen Arbeitspunkt eingesetzt werden.

Eine weitere Frage befasst sich mit der Formgebung. Neben der klassischen Sintertechnik ermöglichen Magnetpulver in thermoplastischen Kunststoffen dank Spritztechnik eine grosse Formvielfalt, gute mechanische Festigkeit und Beständigkeit gegen Korrosion.

Nicht zuletzt wird auch die Frage des Energiebedarfs für die Herstellung der Magnete untersucht.

Diese und weitere Materialfragen werden anfangs 2006 in einem Bericht zusammengestellt.

#### B ) Finite-Elemente-Berechnungen in elektromagnetischen Systemen

In der Vergangenheit haben wir an der HTA Feldrechnungen für verschiedene Projekte mit FEMAG durchgeführt. Dies ist ein Programmpaket für die Berechnung zweidimensionaler statischer oder zeitlich sinusförmig veränderlicher elektromagnetischer Felder.

Eine Abklärung unserer zukünftigen Bedürfnisse und die anschliessende Marktanalyse zeigte, dass eine Umstellung auf Ansoft MAXWELL 3D angezeigt ist. Die Software bietet auch Schnittstellen zu weiteren Modulen wie SIMPLORER, eine Schaltungs-Simulations-Umgebung für leistungselektronische Systeme in Verbindung mit elektromechanischen Elementen, die an der HTA eingesetzt wird.

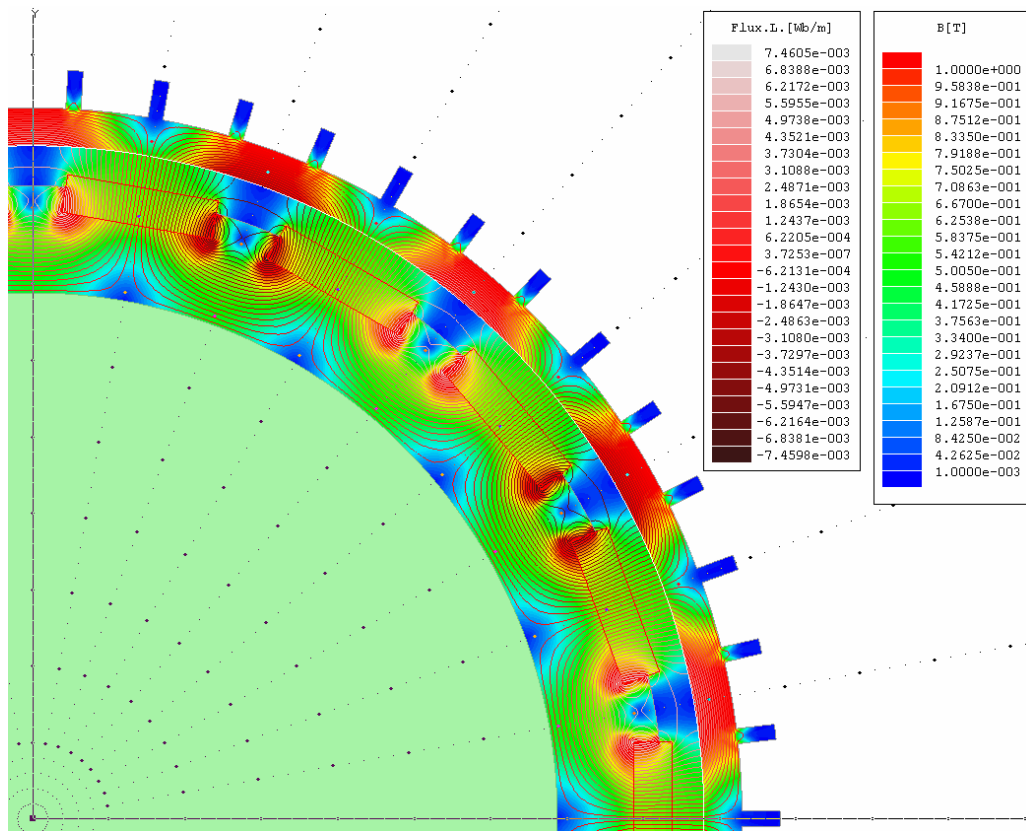


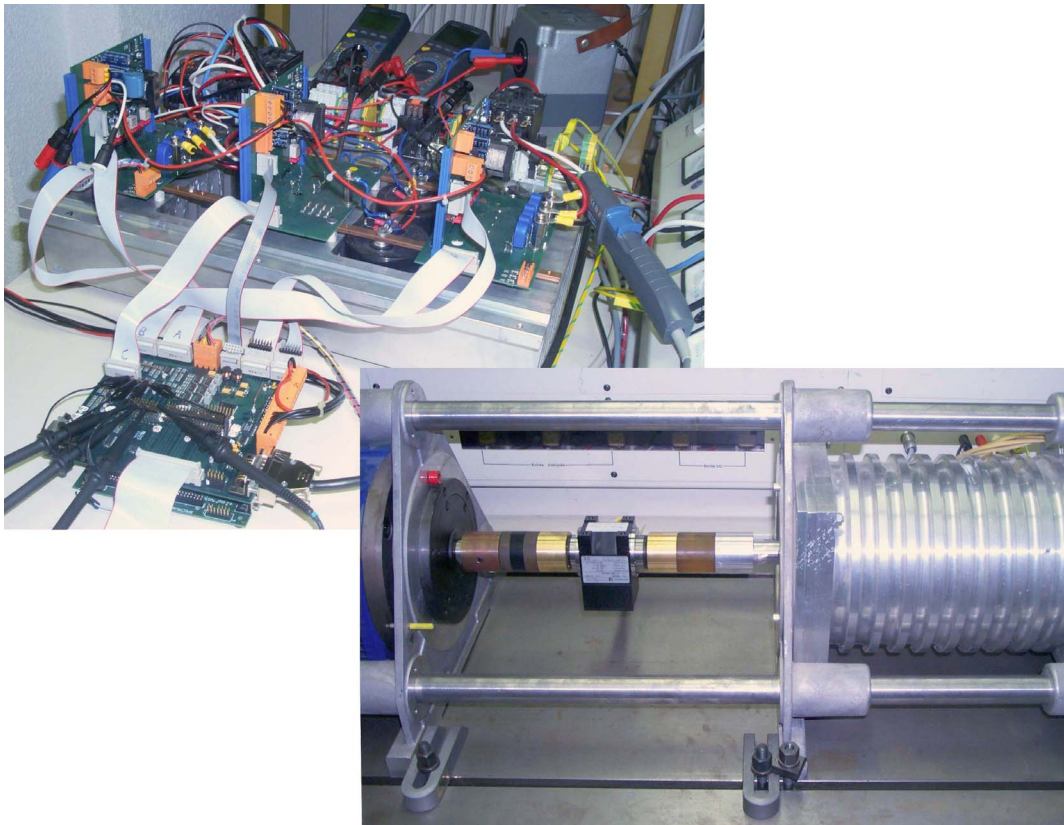
Bild1. Mit MAXWELL wurden erste Test-Berechnungen an einem Circle-Motor durchgeführt

## 2 ) Praktischer Teil der Fachhochschule Wallis HEV's

Die Hochschule Wallis wird vor allem zum praktischen Teil mit Messungen von Permanent-Magnet-Maschinen (PM) und Asynchronmaschinen ihren Beitrag leisten. Seit dem Projektbeginn im September wurden erste Recherchen zu bestehenden Lösungen mit Asynchronmaschinen und PM-Maschinen durchgeführt.

Die Hauptarbeit lag jedoch im Aufbau des Testplatzes für die PM-Maschine mit der Anpassung der Leistungselektronik und Programmierung für die Testalgorithmen. Als Prozessor wird neu ein DSP von Texas Instruments der Familie TMS320F2812 verwendet, der eine schnellere Programmierung mit einer Hochsprache ermöglicht. Erste Messungen wurden mit Hilfe einer an der Hochschule Wallis gebauten 1.5kW PM-Maschine mit Ferrit-Magneten durchgeführt. Ferritmagnete sind günstiger als die sonst oft verwendeten Neodymium-Eisen Magnete. Die im Rahmen des BfE-Projekts „Hocheffizienter getriebeloser Antrieb“ entwickelte mehrpolige 3kW PM-Maschine wird ab Monat Dezember für Messungen verfügbar sein.

Vergleichsmessungen wurden mit einem Frequenzumrichter der Firma Control Technics und einer 2kW Asynchronmaschine durchgeführt.



*Bild 2: Photo des Versuchsaufbaus mit 15kW Leistungselektronik, Prozessorkarte und 1.5kW PM-Maschine der Hochschule Wallis.*

### 3 ) Markt

Im dritten Aufgabenbericht wurde Dokumentationsmaterial von verschiedenen Anbietern von Elektromotoren beschafft. Eine hervorragende Datenquelle war der Besuch der Messe SPS/IPC/Drives05 in Nürnberg.

Zur Asynchronmaschine ist bereits eine gute Datensammlung vorhanden, aus der Leistung, Gewicht, Drehzahl, Wirkungsgrad und Baugrösse entnommen werden kann. Schwieriger ist es Dokumentationen zu Permanent – Magnet – Motoren zum Energiesparen zu erhalten. Es gibt viele Anbieter von PM-Servomotoren mit Antriebssteuerungen, jedoch sind diese Geräte für Positionierungsaufgaben gebaut und sind aufgrund ihres Preises zum Energiesparen nicht konkurrenzfähig. Deshalb sind die Untersuchungen der beiden Fachhochschulen an der Permanent – Maschine besonders wichtig.

Aufgefallen ist mir an der Messe SPS/IPC/Drives05 der Prospekt. „Energiespar-Antriebe, Betriebskosten den Stachel ziehen“ von Siemens. Diese Dokumentation enthält nebst interessanten Informationen zum Energiesparen auch einen Link zu einer Software, die das Energiesparpotential und die Amortisationszeit berechnet.

## Nationale Zusammenarbeit

Hochschule für Technik + Architektur Luzern HTA, Technikumsstrasse 21, 6048 Horw  
Prof. D. Salathé. [dgsalathe@hta.fhz.ch](mailto:dgsalathe@hta.fhz.ch)

Hochschule Wallis, Kompetenzgruppe Energie, Route du Rawy 47, 1950 Sion  
Prof. H.P.Biner [hpeter.biner@hevs.ch](mailto:hpeter.biner@hevs.ch)

## Bewertung 2005 und Ausblick 2006 ( gleich wie Zusammenfassung )

Das Projekt ist gut unterwegs. Die Fachhochschule Luzern ist mit der Beschaffung der neuen Software MAXWELL 3D für die Berechnung von el. Maschinen gut gerüstet. Erste Berechnungen mit dieser Software sind erfolgt. Als Einstieg wurde mit der Analyse von Permanentmagneten auf der Basis von Seltenerdmetallen begonnen. Die Art der Permanent-Magnete hat nicht nur Einfluss auf die Effizienz der Maschine, sondern auch auf die Fertigungstechnik und die Kosten. Also Gegebenheiten die direkt den Markterfolg betreffen.

Die Fachhochschule Wallis HEV's hat erste Messungen an einer eigenen 1.5kW PM-Maschine durchgeführt, sowie den nötigen Testplatz mit Leistungselektronik eingerichtet. Ebenfalls ist in einem Brainstorming eine Idee, einer kostengünstigen effizienten Elektronik entstanden, die den Antrieb von dreiphasigen PM-Motoren mit fester Drehzahl erlauben soll. Diese Elektronik soll im 2006 weiter verfolgt werden und bei Aussicht auf Erfolg auf dem Testplatz der HEV's an einer PM Maschine geprüft werden.

Zur Asynchronmaschine ( Normmotoren ) besteht eine Datensammlung von verschiedenen Herstellern. Schwieriger ist die Datenbeschaffung am Markt für die Permanent – Magnet – Maschine für Energiespar-Anwendungen. Deshalb sind die Untersuchungen der beiden Fachhochschulen an der Permanent – Maschine besonders wichtig. Im 2006 soll eine Software von Siemens zur Berechnung des Energiesparpotentials und der Amortisationszeit untersucht werden.

Gemäss Projektplan sind für alle drei Projektpartner Meilensteine erst anfangs 2006 vereinbart. Die im Rahmen des BfE-Projekts „Hocheffizienter getriebeloser Antrieb“ entwickelte mehrpolige 3kW PM-Maschine wird ab Monat Dezember für Messungen an der HEV's verfügbar sein.

## Referenzen

- [1] Siemens, Prospekt: **Energiespar-Antriebe, Betriebskosten den Stachel ziehen** und Link zu Softwareprogramm [www.siemens.de/energiesparprogramm](http://www.siemens.de/energiesparprogramm)