

ELEKTRISCHES SPORTMOTORRAD MIT REKUPERATIONSSYSTEM ZUR RÜCKGEWINNUNG KINETISCHER ENERGIE BEIM ABBREMSEN

Hans-Peter Bauer, Markus Herzog, Alexander Klein (FB EIT), Attila Kiss (FB MK)



Abbildung 1: Antriebsprüfstand im Maschinenlabor des FB EIT

Anlass und Motivation

Bei einem konventionellen Fahrzeug wird die kinetische Energie des Fahrzeugs beim Abbremsen in den Bremsen oder im Motor in Reibungswärme umgewandelt und bleibt somit ungenutzt. Ein elektrischer Fahrzeugantrieb hingegen erlaubt es diese wieder zurückzuführen. Der Elektroantrieb, welcher dann generatorisch arbeitet, speist elektrischen Strom in die Akkus zurück und erlaubt somit eine Energieeinsparung und Erhöhung der Reichweite des Fahrzeugs. Aufgrund der dynamischen Lastverteilung beim Bremsvorgang eines Motorrades verlagert sich das Gewicht bis zu 100% auf das Vorderrad bei gleichzeitiger Entlastung des Hinterrads. Beim Beschleunigen ist es umgekehrt: Das Vorderrad wird entlastet, das Hinterrad belastet. Die vom Rad auf die Fahrbahn übertragbare Kraft berechnet sich aus dem Produkt von Kraftschlussbeiwert und Rad-Aufstandskraft. Daraus folgt, dass bei Entlastung des Rades die vom Rad auf die Fahrbahn übertragbare Kraft abnimmt. Im Grenzfall vollständiger Entlastung ist keine Kraftübertragung mehr möglich. In den Grenzfällen kann bei einem Motorrad die Vortriebskraft nur vom Hinterrad und die Bremskraft nur vom Vorderrad aufgebracht werden. Hieraus folgt nun, dass beim Bremsen eine generatorisch arbeitende Elektromaschine idealerweise vom Vorderrad angetrieben werden sollte und beim Beschleunigen idealerweise die motorisch arbeitende Elektromaschine das Hinterrad antreiben sollte.

Ein direkter Einbau eines Motors in das Rad oder die Räder ist nicht sinnvoll. Ein Elektromotor, welcher sich im Vorderrad befindet, könnte das Motorrad also nicht optimal beschleunigen, weil es an Haftung verlieren würde. Zweitens würde ein Elektromotor, welcher im Vorderrad verbaut ist, die Massenträgheit des Vorderrades deutlich erhöhen. Diese muss möglichst gering bleiben, um Fahrbahnunebenheiten schnellstmöglich zu folgen und so die maximale Fahrbahnhaftung / Sicherheit zu gewährleisten. Entsprechendes gilt auch für das Hinterrad im Bremsbetrieb. Es macht also weder Sinn den Elektromotor in das Hinterrad, noch in das Vorderrad zu verlagern. Der optimale Platz für den Elektromotor befindet sich in der Mitte des Fahrzeuges, auch unter Berücksichtigung auftretender Querschleunigungen bei der Kurvenfahrt. Ein Energierückgewinnungssystem, muss daher in der Lage sein, die Energie des Vorderrades bei einem Bremsvorgang zum Elektromotor im Fahrzeugmittelpunkt weiterzuleiten. Dabei muss das Vorderrad lenkbar bleiben. Beim Fahrbetrieb hingegen kann die Kraft des Antriebs problemlos über Ketten- oder Kardantrieb an das Hinterrad geführt werden.

Zielsetzung

Ein solches System soll in einem Sportmotorrad realisiert und getestet werden. Dazu ist das komplette Motorrad zu konstruieren und zu bauen. Dieses beinhaltet die Auslegung und Konstruktion des Batteriespeichers samt Batteriemanagementsystem des Elektroantriebs mit seinen elektrischen und mechanischen Komponenten sowie eine Steuerung, die vor allem den Übergang vom Fahr- in den Bremsbetrieb ermöglicht. Letztere muss zusätzlich die mechanische Bremse ansteuern, wenn das elektrische Bremsmoment nicht ausreicht. Die Entwicklung erfolgt in Form von interdisziplinären studentischen Projektarbeiten. Es sind dabei vor allem Studierende aus den Bachelor- und Masterstudiengängen Elektrotechnik, Mechatronik, Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen, Automobilentwicklung, Kunststofftechnik und Industrie-Design beteiligt.

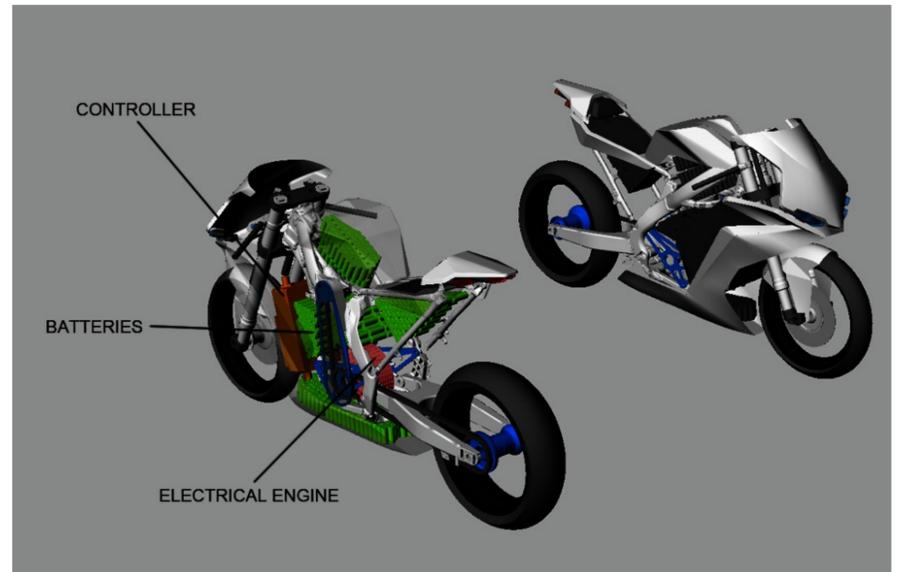


Abbildung 2: CAD-Modell des Elektrosportmotorrads mit elektrischen und mechanischen Komponenten.

Methodisches Vorgehen

In der ersten Phase des Projektes wurden verschiedene Formen der Kraftübertragung vom Vorderrad zum Mittelmotor untersucht:

- Hydraulische Kraftübertragung
- Mechanische Kraftübertragung mit Kardanwellen und Ketten

Die zunächst untersuchte hydraulische Kraftübertragung musste wegen des hohen Gewichts, des großen Volumens und des schlechten Wirkungsgrades verworfen werden. Es fiel die Wahl auf eine mechanische Kraftübertragung, die zudem einen wesentlich besseren Wirkungsgrad hat. Danach wurde ein für die Kraftübertragung vom Vorderrad geeigneter Motorradrahmen ausgewählt und die elektrischen Komponenten wie Motor, Leistungselektronik und Batterie dimensioniert. Als Antrieb dient ein wassergekühlter permanenterregter Transversalflussmotor mit Außenläufer in synchroner Bauform. Der Antrieb inklusive Leistungselektronik wurde zunächst im Maschinenlabor des Fachbereichs EIT aufgebaut und getestet (Abbildung 1). Der Prüfstand besteht aus zwei über eine Drehmomentmesswelle gekuppelten identischen Antrieben. Der eine arbeitet motorisch, der andere generatorisch. Als Spannungsversorgung dient eine Gleichspannungsquelle. Zwei getrennte Wasser-Kühlkreisläufe führen die Verlustwärme ab, die in den beiden Motoren und der Leistungselektronik entsteht. Der Prüfstand lässt sich sowohl über analoge Sollwertvorgaben als auch über ein auf dem PC laufendes Programm digital steuern. Ebenfalls über den PC erfolgt die in LabView programmierte Darstellung der Messwerte des Prüfstands.

Zentrale Ergebnisse

Nach der Inbetriebnahme des Prüfstands konnten bereits die optimalen Antriebsparameter der Regelung ermittelt werden sowie energiesparend eine mechanische Antriebsleistung von 38 kW gefahren werden. Die Ergebnisse der Lastversuche wurden auch zur Optimierung des Antriebs des FaSTDa-Elektrorennwagens genutzt, der den gleichen Antrieb verwendet. Der Motorradrahmen wurde optisch vermessen und in ein 3D-Modell überführt. Dieses bildet die Basis für die CAD-Konstruktion der mechanischen Bauteile und ebenso für den Einbau der elektrischen Komponenten (siehe Abbildung 2).

Zur Betriebsanzeige der Betriebsdaten des Fahrzeuges wurde ein Mikrorechnersystem entwickelt, das über eine CAN-Schnittstelle Daten aus Leistungselektronik und Batteriemanagement erhält um sie auf einem Display darzustellen.

Derzeit beschäftigen sich weitere Projektgruppen unter anderem mit der Konstruktion und Fertigung folgender Komponenten:

- Batterie mit Batteriemanagementsystem.
- Motoraufhängung und Kraftübertragung
- Steuerung von Antrieb und Bremse über Mikrocontroller

Fördermittel

Das ZFE hat eine Anschubfinanzierung dieses Projektes beigesteuert. Die studentischen Projektarbeiten werden aus QV-Mitteln gefördert.

h_da

HOCHSCHULE DARMSTADT
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



zfe
ZENTRUM FÜR FORSCHUNG
UND ENTWICKLUNG

Kontakt
Prof. Dr. Hans-Peter Bauer
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik
Schöfferstraße 3, 64295 Darmstadt
E-Mail: bauerf@eit.h-da.de

Förderer
ZFE, QV-Mittelkommission