

# E-Cart

**Projektleitung**  
Prof. Dr.-Ing.  
Gerhard Babel

**Wiss. Mitarbeit**  
Prof. Dr.-Ing.  
Herbert Funke  
Fachbereich  
Maschinenbau

**Kooperationspartner**  
Uwe Plettenberg,  
Firma Plettenberg,  
Baunatal

**Zeitraum**  
2009–2011

**Förderung**  
Fachhochschule  
Dortmund  
Forschungsbudget

**Kontakt**  
Prof. Dr.-Ing.  
Gerhard Babel  
Fachbereich  
Informations- und  
Elektrotechnik  
Fachhochschule  
Dortmund  
Sonnenstraße 96  
44139 Dortmund  
Tel.: 0231 9112-172  
E-Mail: babel  
@fh-dortmund.de

Das Projekt E-Cart verfolgt die Ziele anwendungsorientierter Forschung unter Beteiligung innovativer Unternehmen sowie die Ausbildung von Bachelor- und Masterstudenten auf dem Stand des aktuellen Forschungs-Knowhows.

Konkret wurde das Ziel gesetzt, ein einsatzfähiges E-Cart aufzubauen. In dem E-Cart sollen sowohl innovative Motoren, Motorenregler sowie eine CFK-Leichtbaukarosserie zum Einsatz kommen.

Die Entwicklung eines leistungsfähigen Motorreglers nebst elektronischer Sensorik ist Aufgabe des Fachbereichs Informations- und Elektrotechnik. Marktrecherchen haben ergeben, dass es zwar Regler auf dem Markt gibt, diese jedoch nur für Modellflugzeuge geeignet sind. Beim E-Cart ist vor allem der Anfahrbetrieb mit hohem Drehmoment eine besondere Herausforderung. Die an der FH-Dortmund entwickelte Reglerelektronik für BLDC-Motoren ist geeignet für den Betrieb an 24V- 48V Bordnetzspannung für Motoren mit Spitzenleistungen bis 15kW (kurzzeitig ca. 300A). Eine Reihe von Herausforderungen sind dabei zu bewältigen. Zum einen muss die sehr hohe Stromtragfähigkeit gewährleistet werden und zum anderen muss eine hohe Reglerfrequenz zur Pulsweitenmodulation der Motorströme erreicht werden können. Zur Bewältigung der hohen Stromtragfähigkeit ist mit einem weiteren Unternehmen (QS-electronics, Hückelhoven) eine neue Boardtechnologie entwickelt worden. Dabei wird auf eine massive einige Millimeter dicke Kupferplatte, die man mittels Wasserstrahlschneiden segmentiert hat, ein nur ca. 0,1 mm dünnes zweiseitig mit Leiterbahnen versehenes Board aufgelötet. In einem speziellen Lötverfahren (Dampfphasenlöten) werden sowohl Bauteile direkt auf die massive Kupferplatte als auch auf das dünne Elektronikboard gelötet. Dadurch erreicht man für die kritischen Hochstrombauelemente eine optimale Kühlung:



Abb. 1 Cu-Board mit Sandwichaufbau

Das Board wird derzeit im Labor getestet. Wir bewältigen heute die Anforderungen bei einer PWM-Frequenz von 30kHz mit einem Dutycycle von 0 bis 100% und das bei allen erforderlichen Motordrehzahlen auch im Anfahrbetrieb (Drehzahl = 0).



Abb 2: Aufbau des E-Carts

Die Entwicklung des Chassis und des Fahrwerks ist Aufgabe des Fachbereichs Maschinenbau. Das Chassis wird als einteilige Bodengruppe aus kohlefaserverstärktem Kunststoff in Sandwichbauweise ausgeführt. Gegenüber der konventionellen Stahlrahmenkonstruktion können dadurch ca. 15 kg eingespart werden. Konstruktion und Fertigung der Bauteile erfolgt im fahrzeugtechnischen Labor im Rahmen von Studien- und Abschlussarbeiten von Studierenden des Fachbereichs Maschinenbau. Auf diese Weise können die Studierenden den gesamten Entwicklungsprozess von der Konzeption und Konstruktion am Bildschirm, der Herstellung der Formwerkzeuge unter Nutzung modernster CAD-CAM-Technologie bis zur Herstellung der Strukturbauteile mit innovativen Hochleistungsfaserverbundwerkstoffen selber umsetzen. Dabei werden aus den am Computer erstellten 3D-Konstruktionen Programme zur Steuerung der Werkzeugmaschine erstellt. Auf der 3D-NC-Fräsmaschine im fahrzeugtechnischen Labor werden so aus speziellen Formkunststoffblöcken sogenannte Urformen gefräst, aus denen dann im Infusionsverfahren mit Epoxidharzen und Kohlenstofffasern die Produktionsformen abgeformt werden. Zum Schluss können dann in den Produktionsformen die Strukturbauteile hergestellt werden. Die Herstellung selbst erfolgt im Vakuuminfusionsverfahren, es besteht aber auch die Möglichkeit, das Prepregverfahren einzusetzen. Bei der engen Vernetzung von Forschung und Lehre werden die Studierenden so mit den unterschiedlichen Verfahren bei der Herstellung von Leichtbaustrukturen vertraut und können neuste Erkenntnisse aus Lehre und Forschung unmittelbar umsetzen.



*Einteiliges Cart-Chassis in CFK-Bauweise*

*(hier noch als verkleinertes Modell)*

Beim Formenbau kommt zudem eine spezielle Technologie der Fachhochschule Dortmund zum Einsatz: Die Kohlenstofffasern der Form bilden nicht nur die Formstruktur, sondern sind gleichzeitig elektrisches Heizelement, so dass die Formen mit erstaunlich geringem Energieeinsatz direkt an der Oberfläche beheizt werden können. Diese mit mehreren Preisen ausgezeichnete Innovation der Fachhochschule Dortmund hat sich bereits bei ersten industriellen Einsätzen in der Luftfahrt- und Windkraftbranche bewährt. Neben dem Einsatz im vorliegenden hochschulinternen Cart-Projekt finden derzeit auch Tests dieser Technologie bei namhaften Fahrzeugherstellern statt, um bei der Herstellung faserverstärkter Kunststoffbauteile die Energieeffizienz zu steigern und die Produktivität zu erhöhen.

Gemeinsam mit dem Motorenhersteller, der Firma Plettenberg aus Baunatal, werden zudem Radnabenantriebe entwickelt. Auf diese Weise erfolgt der Antrieb direkt an den Antriebsrädern. Ein Getriebe, eine Kupplung oder Gelenkwellen sind nicht mehr erforderlich, wenn wie in diesem Fall die Antriebsmotoren direkt in der Felge integriert sind. Das schafft Bauraum für die Elektronik und die Antriebsbatterien und spart zudem eine Menge Gewicht.

Die Firma Plettenberg greift dabei auf ein hochleistungsfähiges Motorenkonzept zurück, das sich bereits in zahlreichen Anwendungen im Modellbau aber auch im industriellen Einsatz bewährt hat. Der BLDC-Motor mit der Bezeichnung „Predator 37/6“ kann eine Spitzenleistung von 15 kW abgeben und wiegt dabei gerade einmal 1,9 kg.

Im vorliegenden Projekt muss der Motor in die Radnabe integriert und auf die Drehzahl- und Drehmomentenerfordernisse des Carts abgestimmt werden. Zusätzliche Sensoren müssen integriert werden, damit das Fahrzeug unter allen Bedingungen ein präzises Anfahrverhalten zeigt. Auch diese Aufgabe findet in enger Kooperation der Projektpartner statt. Studierende führen unter Anleitung die entsprechenden Konstruktionen durch. Ständig müssen konstruktive Details abgestimmt werden, bevor dann erste Prototypen durch die Firma Plettenberg angefertigt werden können. Erste Muster wurden dabei schon auf dem Prüfstand getestet. Weitere Optimierungen sind noch erforderlich, bevor die nächsten Prototypen dann im Cart eingebaut und erprobt werden können. Für das komplette Cart mit 4-Rad-Radnabenantrieb ist eine Gesamtleistung von 16 kW vorgesehen, die dem E-Cart mit einem Leergewicht von weniger als 100 kg zu rasanten Fahrleistungen verhelfen werden. Gespeist werden die Motoren von leistungsstarken Lithium-Ionen-Akkus bei einer Betriebsspannung von nur 24 Volt. Durch höhere Betriebsspannungen bis 54 Volt könnte die Gesamtleistung sogar noch deutlich gesteigert werden. Insbesondere im Beschleunigungsvermögen dürfte damit das E-Cart mit den drehmomentstarken Elektro-Radnabenantrieben alle anderen vergleichbaren Carts mit konventionellem Verbrennungsmotor deutlich übertreffen können. Die Projektbeteiligten freuen sich schon jetzt auf rasante Testfahrten auf der Cartbahn.

*Elektromotor Predator*

