

# Elektronische Transmission

## Ein technischer Überblick

Jürg Blatter, Projektleiter Technik

Erinnern Sie sich noch? In der Infobit-Ausgabe 4/97 stellten wir den ersten voll-elektrischen Hybridantrieb für Leichtfahrzeuge vor. Damals hatten wir ein Fahrrad und ein Dreirad mit dem neuartigen Antrieb ausgerüstet.

### Prinzip des vollelektrischen Hybridantriebes

Der Fahrer erzeugt durch Treten eines Generators elektrische Energie. Diese Tretenergie, addiert mit Energie aus der Batterie, speist den Antriebsmotor. Die Steuerung der Antriebsleistung erfolgt durch das Pedalieren: Durch kräftigeres Treten wird beschleunigt, nachlassendes Treten verzögert die Fahrt. Ein Bio-feedback sorgt bei Bergfahrt für eine grössere Belastung des Fahrers, bei Talfahrt entsprechend zu dessen Entlastung. Zur Fahrsteuerung kann auf Bedienelemente verzichtet werden, sie ist mit einer vollautomatischen Gangschaltung am Fahrrad vergleichbar.

### Aktueller Stand der Entwicklung

Mittlerweile ist der Hybridantrieb zum modularen dezentralen System weiterentwickelt worden. Die Intelligenz des zentralen Rechners ist auf mehrere Teilsysteme (Module) verteilt. Die Steuer- und Regelfunktionen des Antriebes ist durch einen Rekuperationsmodus ergänzt: Die beim Bremsen erzeugte elektrische Ener-

gie lädt die Batterie. Als Generator und Motor dienen neuartige langsamlaufende, bürstenlose Maschinen.

### Systementwurf

Mit dem Ziel die Steuerung zu kommerzialisieren, dienen als Grundlage Technologien und Komponenten, wie sie zur Zeit in der Industrie und künftig im Automobilbau verwendet werden. Bewusst verzichtet wird auf den Einsatz von teureren High Tech-Komponenten.

Technologiegrundlagen sind:

- CAN – Controller Area Network

- 14V Bordnetz – Aktueller Standard im Automobilbau. Versorgung aller 12V Verbraucher wie Lampen, Blinklicht, Musikanlage uvm.

- 42V PowerNet – Versorgung des Antriebsstromkreises. Die 42V PowerNet Technologie wird das neue Bordspannungssystem im Automobilbau.

- Betriebssystem – In Anlehnung an OSEK entstand ein optimiertes Real Time Betriebssystem.

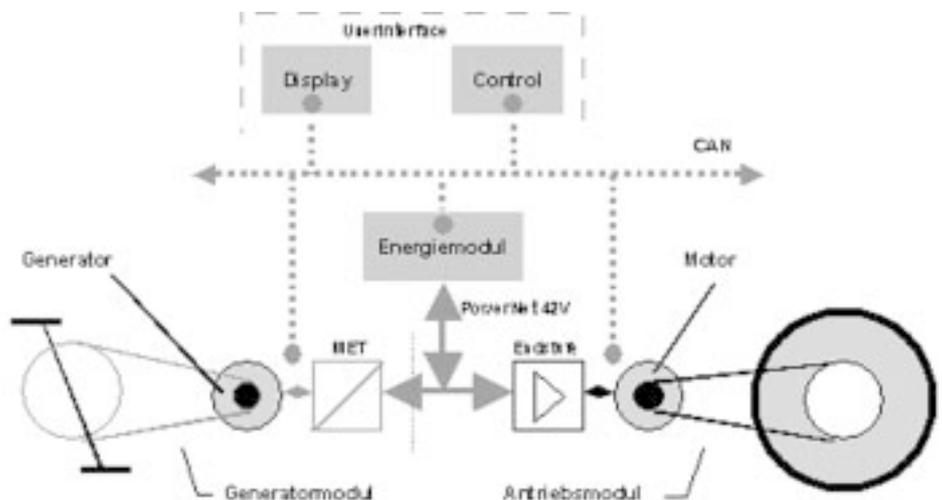
Alle Module sind so weit entwickelt, dass im Wartungsfall keine Einstel-

lungen nötig sind. Entfallen sind alle von Hand einstellbaren und fehleranfälligen elektromechanischen Elemente wie Codierschalter oder Regler. Im Defektfall wird das Modul durch Umstecken der Verdrahtung ersetzt. Alles Weitere erfolgt automatisch über das Diagnosewerkzeug. Bei einer Systemerweiterung wird ein zusätzliches Modul montiert und mittels eines einfachen Buskabels angeschlossen. Mehr ist nicht nötig.

### CAN-Kommando

Ein einheitlicher CAN-Kommandosatz ist für den Einsatzzweck optimiert:

- Klare Definition und einheitliche Kommandostruktur



- Der Grossteil aller Befehle ist für alle Module gleich.

Bei der Weiterentwicklung wird der Kommandosatz laufend ergänzt, ohne ein Redesign der Kommunikation und Neuimplementation in den verschiedenen Modulen vornehmen zu müssen.

In einer Offline-Datenbank sind alle Nachrichten und Kommandos abgelegt: Definiert ist darin jede Nachricht, Adressierung, Datentyp, Art der Arbitrierung, die physikalische Einheit, der Defaultwert uvm. Zugleich ist die Datenbank die dynamische Datenbasis für das Diagnosewerkzeug und dient aber auch der Beschreibung der Kommunikationsschnittstelle für die Software-Entwickler.

Um den Datenverkehr auf dem CAN-Bus tief zu halten, werden die Telegrammformate von CAN voll ausgenutzt. So sind drei Arten von Kommunikationsbeziehungen erlaubt:

- Punkt – Punkt: z.B. Diagnosewerkzeug schickt Meldungen an ein bestimmtes Modul
- Punkt – Mehrfachpunkt (Multipoint): z.B. Freischalten aller angeschlossenen Generatormodule
- Punkt – an alle (Broadcast): Übermittlung des Unterspannungszustandes an alle Module

Das Timing ist so gewählt, dass die Buslast so gering wie möglich ist, aber noch keine Nachteile in der Steuerung und Regelung spürbar werden. Diese werden zur Zeit nur zyklisch übermittelt, hingegen sind Bedien- und

Sicherheitsinformationen ereignisgesteuert.

### Hardware-Module

Insgesamt sind sechs Hardware-Module entwickelt worden, die sich beliebig sinnvoll zu einem System aus verschiedenen Energiequellen und -senken kombinieren lassen.

Wie flexibel das System ist, konnten wir unserem Auftraggeber zeigen: Mit einer Software-Ergänzung sowie einer Umparametrierung mutierten wir das vierrädrige Hybridfahrzeug innerhalb von zwei Stunden zu einem einfachen Elektrofahrzeug mit Gasgriff-Steuerung.

Gemeinsam in allen Modulen ist unser Mikrocontrollerboard CCM2000, die nötigen Spannungs- und Strommessungen, Temperaturüberwachung, Standby-Modus und ein Hardware-Identifikationschip. Die Stromversorgung erfolgt aus dem 12V-Bordnetz und/oder dem 42V PowerNet. Ebenfalls standardisiert sind die Anschlüsse für das Power-

Net und den CAN-Bus.

Alle Modulparameter, Regler, Grenzwerte usw. lassen sich parametrieren. Nicht sicherheitskritische Funktionen lassen sich sogar im laufenden Betrieb einstellen. Ohne Umstände lässt sich das System in der Werkstatt auf unterschiedliche elektrische Maschinen oder Fahrzeugtypen anpassen. Im Testbetrieb kann so eine Parametrierung vorgenommen oder Fahrdaten aufgezeichnet werden.

### Module

Je nach Anwendung werden die Module miteinander kombiniert. Als Beispiel siehe untenstehende Abbildung.

### Sicherheit und Wartung auf Systemebene

Schon in den ersten Entwicklungsschritten wurde Wert auf die notwendige Qualitätssicherung gelegt. Die Überprüfung und Diskussion des System- und Sicherheitskonzeptes erfolgte

in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Elektrotechnischen Verein SEV.

Eine Versionskontrolle für die Soft- und Hardware ist vorhanden, um Konflikte in einer Modulkonfiguration zu erkennen. Bestückt wird ein Identifikationschip, der, zusammen mit der Versionskontrolle, für die notwendige Klarheit bei Wartungs- und Servicearbeiten sorgt. In einer Datenbank können so Konfigurationen Online verwaltet werden. Ebenfalls Temperaturüberwachungen und Betriebsstundenzähler sind vorhanden und eine Fehlerprotokollierung ist in Vorbereitung.

### Sicherheit auf Betriebsebene

Aus Sicherheitsgründen ist der CAN-Bus kein Bestandteil eines geschlossenen Regelkreises. So wird vermieden, dass bei einem Busdefekt die «Regelschleife» aufgetrennt wird und das System in einen instabilen Zustand fällt. Der Systementwurf ist so gewählt,



v.l.n.r.  
Diagnosetool  
Akkubox mit Prozessmodul

Generatormodul  
Display & Control

Antriebsmodul  
Lampenmodul

### Module der Demoanlage

dass lediglich Führungsgrößen übertragen werden. Bei einem Unterbruch des Datenverkehrs fehlt der Regeleinrichtung im Modul die Stellgröße, und das System fällt in den vordefinierten Nullpunkt. Weiter überwacht sich jedes Modul selber: Fehlen ankommende Meldungen oder erfolgt ein entsprechendes Notstop-Kommando, setzen sich alle Module in einen vordefinierten Ruhezustand.

### Einsatzorte

Der vollständig modulare Aufbau und die standardisierten Schnittstellen erlauben es, die Module zu einem beliebigen autonomen Energiesystem zusammenzustecken. Je Modultyp sind maximal 14 Geräte möglich. Neben ein- und mehrspurigen Strassen-Leichtfahrzeugen lässt sich beispielsweise ein 12 Personen-Pedalo-Boot aus-

rüstern. Überlegt wird der Einsatz generell in Energie-Insel-



lösungen, z.B. ein Energiehybrid mit kombinierter Wind- und Solarge-

neratoranlage, ergänzt mit einem Brennstoffzellen-Modul. Im Falle eines

weiteren Einsatzzweckes wird die Software- und Hardware übernommen und im Idealfall die Module entsprechend konfiguriert und parametrisiert. Bei einer Neuentwicklung eines Hardware-Moduls, z.B. eines Brennstoffzellen-Moduls, werden alle modulspezifischen Funktionen entwickelt, die Datenbank ergänzt und mit den schon bestehenden Modulen ergänzt.

### Prüfplatz und Testfahrzeuge

Wir besitzen zwei Prüfstände, die für die Tests leicht umgebaut werden können (auch diese sind modular aufgebaut). Damit lassen sich einzelne Module, Modulkombinationen, aber auch vollständige Antriebsstränge in unterschiedlichen Betriebsarten sicher überprüfen. Die Prüfstände werden ab PC gesteuert, dienen der Messung und Protokollierung und beinhalten auch teilweise die mathematischen Modelle

Jakob Gilgen  
auf seinem  
vierrädrigen  
Leichtfahrzeug-  
Prototyp  
(Eigenbau).

## Glossar und Links

### CAN

Controller Area Network; Standard für die Vernetzung von Mikrocontrollern

Weitere Infos: <http://www.can-cia.de/>

### OSEK

Offene Systeme und deren Schnittstellen für die Elektronik im Kraftfahrzeug

Weitere Infos: <http://www.osek.org/>

### 42V PowerNet

Komfortfunktionen im Automobil haben den elektrischen Verbrauch stark gesteigert. Um den Kraftstoffverbrauch zu senken, muss der Wirkungsgrad des elektrischen Systems verbessert werden. Eine Möglichkeit besteht im Erhöhen der Bordspannung von heute 14 V auf 42 V.

Weitere Infos: <http://www.bordnetzforum-42v.de/>

### Simulations- und Testwerkzeuge

#### MATLAB/Simulink

Teil-Modellierung des Fahrzeuges; Erstellen der Signalflusspläne für die Software-Entwicklung

#### Tina

Spice-basiertes Simulationswerkzeug für die elektrische Hardware-Entwicklung

#### Simplorer

Simulationswerkzeug für Antriebssysteme

#### LabVIEW

Grafische Programmiersprache auf PC: Test- und Prüfplatz; Diagnosetool

#### Mathematik

Excel und Mathcad: Modellierung der Fahrzeugeigenschaften, Motor- und Generatormodelle, Batteriemodelle. Insbesondere auch Berechnung der Energiebilanzen und Reichweiten

#### Software-Entwicklung

Visual Object Net: Petrinetz-Entwicklungstool: Entwurf und Simulation der Fahrzeugzustands-Maschine

#### Controllerprogrammierung

Entsprechende Entwicklungstools für die beiden Controller von Motorola und Fujitsu

der Fahrzeuge, auf die während dem Test zurückgegriffen wird.

Zum Erreichen der Projektziele wurde mit Hilfe von Simulationswerkzeugen und eigens dafür erstellten mathematischen Modellen die Entwicklung schrittweise überprüft. Bei der Inbetriebnahme eines jeden einzelnen Hardware-Moduls konnte so mit den Simulatoren zusammengearbeitet werden.

Der erste Software-Setup wurde gleich auf den in der Zwischenzeit fertiggestellten Antriebsstrang geladen und zu Test- und Demonstrationszwecken auf dem vierrädrigen Leichtfahrzeug-Prototypen der Gilgen FS, Oberwangen montiert. Enthalten sind alle Funktionen des Hybridantriebes und der Fahrzeugsignalisation. Es fehlen noch die Komfortfunktionen zur Berechnung der Ladezustände und Voraussage der Reichweite.

### Ausblick

Zur Zeit realisieren wir den weiteren Einsatz auf einem Zweirad und rüsten unser schuleigenes Twike mit Komponenten aus. Weitere Projekte und Produkte sind mit Industriepartnern in Vorbereitung.

### Technologietransfer HTA Bern – Industrie

An der Entwicklung und am Bau des Fahrzeuges waren zeitweise bis zu zwölf Mitarbeitende der HTA Bern sowie Industriepartner beteiligt. Es waren dies:

- Ingenieurbüro SIMEG Thun, Simon Eggimann (Software-Entwicklung)

- Lionpower GmbH Brienz, Franz Böni (Antriebssteuerung)

- Spocon Oberwangen, Robert Streit (Antriebssteuerung)

Während dem Projekt sind zwei Firmen initiiert und gegründet worden:

- Autork Ltd. Bern; Entwicklung und Produktion des Energiemanagementsystems
- Circle Motor Gümliigen; Entwicklung und Pro-

duktion scheibenförmiger Motoren

Neben diversen Publikationen, einem Patent und vielen Kontakten zu weiteren Fachhochschulen, Industriepartnern und Lieferanten, konnte die Kompetenz im Bereich Mobilität und Fahrzeuge gestärkt werden.

### Dank

Ein herzliches Dankeschön gilt allen Projektbeteiligten und der Schulleitung der HTA

Bern. Ohne die unkomplizierte, konstruktive und kompetente Zusammenarbeit aller Beteiligten wäre die Realisierung eines derart komplexen Projektes nicht möglich gewesen.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei den Finanzierungspartnern, der HTA Bern und insbesondere bei Dr. Andreas Fuchs, der sich unermüdlich dafür einsetzt, die nötigen finanziellen Mittel zu beschaffen.

Weitere und ausführlichere Informationen zum Projekt finden Sie unter

[www.autork.com](http://www.autork.com) und [www.hta-be.bfh.ch/~wwwel](http://www.hta-be.bfh.ch/~wwwel)

**Berner Fachhochschule**  
Hochschule für Technik und Architektur Bern

## Wachstumsbranche Medizintechnik

- Möchten Sie Ihre Kenntnisse in der Medizintechnologie vertiefen und Ihre Karriere weiter aufbauen?
- Oder möchten Sie neu in diese expandierende Branche einsteigen?
- Oder möchten Sie sich als InformatikerIn in der Medizininformatik spezialisieren?

Das **Center for Medical Technology** an der Berner Fachhochschule bietet mit Studienort in Bern zwei berufsbegleitende Nachdiplomstudiengänge NDS an:

### Medizin>Technologie>Management MTM

### Medizin>Informatik>Management MIM

Beide NDS schaffen ideale Voraussetzungen, um Ihre beruflichen Ziele zu erreichen. Kontaktieren Sie uns, wir informieren Sie gerne.

**Berner Fachhochschule, Center for Medical Technology**  
Tel. 031 33 55 415 – Fax 031 33 32 003  
e-Mail: [sonja.margot@hta-be.bfh.ch](mailto:sonja.margot@hta-be.bfh.ch)  
[www.hta-be.bfh.ch/~wwwmed/](http://www.hta-be.bfh.ch/~wwwmed/)

Center for Medical Technology  
weil lernen inspiriert.