

LEICHTFAHRZEUG DES INSTITUTS FÜR BRENNSTOFFZELLENTÉCHNIK SIEGT IN PARIS

HUGO GABELE, FERDINAND PANIK, MARTIN ZIEGLER

In der vorletzten Ausgabe des spektrum wurde aus dem Institut für Brennstoffzellentechnik (IBZ) von den Anfängen der mobilen Brennstoffzellen-Anwendung berichtet und das Laborfahrzeug „Albatros“ vorgestellt. Inzwischen wurden weitere Leichtfahrzeug-Projekte gestartet, unter anderem der Ergolite Glider 2, ein „Liegefahrrad ähnliches“ Fahrzeug, das beim Rennen von Michelin in Paris den Challenge Bibendum Award 2006 in der Kategorie Urban Mobility gewonnen hat (Abbildung 1) und im Folgenden vorgestellt wird.



Abb. 1: Ergolite Glider 2 mit Fahrer Martin Ziegler

Das indirekte Fahrverhalten durch den langen Radstand und weitere Kinderkrankheiten (u. a. die 7-Gang-Kettenschaltung) waren leider zu beanstanden und sollten verbessert werden. Ein neues Rahmendesign war unumgänglich. Der 2002 entwickelte Aluminium-Rahmen des Nachfolgemodells „Ergolite Glider 2“ (Abbildung 3) basiert auf den Erkenntnissen des Vorgängers, konnte aber aus Zeitgründen von Assistent Martin Ziegler, damals noch Student der Fakultät Mechatronik in Göppingen, nicht fertig gestellt werden.

ENTWICKLUNGSGESCHICHTE

Der Ergolite Glider 1, ursprünglich eine Erfindung des Assistenten Martin Ziegler, wurde erstmals 2001 erfolgreich getestet. Charakteristische Merkmale des Fahrzeuges sind seine ergonomisch günstige Sitzposition in Verbindung mit einem weitgehend gewichtsoptimierten Leichtbaukonzept mit niedrigem Luftwiderstand. Der erste Prototyp war ausgerüstet mit Blei-Gel-Akkus (24 V/24Ah) und erreichte damit eine Geschwindigkeit von 45 km/h in der Ebene (Abbildung 2).



Abb. 2: Ergolite Glider 1 auf Testfahrt

Auf der Suche nach interessanten Fahrzeugen für die mobile Anwendung von Brennstoffzellen wurde



Abb. 3: Ausgangszustand des „Ergolite Glider 2“

2004 das große Potential dieses Fahrzeug erkannt. Insgesamt 3 studentische Projektgruppen waren an der Weiterentwicklung beteiligt.

Eine Studierendengruppe aus Fahrzeugtechnik/Antrieb kümmerte sich um die Konstruktion einer neuen Hinterradaufhängung mit Radnabenmotor (Abbildung 4).

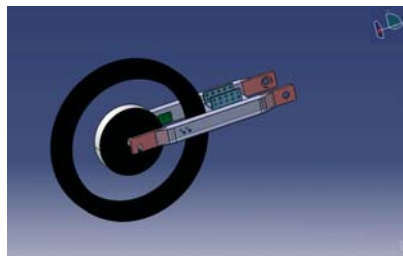


Abb. 4: CAD-Konstruktion und FEM-Analyse mit Catia V5

Da die Hinterradschwinge leicht zu demontieren war, kam die Idee auf, mehrere Antriebskonzepte am selben Fahrzeug zu testen und so direkt miteinander vergleichen zu können. Inzwischen gibt es drei verschiedene Antriebs-Varianten (Abbildung 5).



Abb. 5: Austauschbare Antriebsschwingen:
 DC-Brushless Außenläufer-Motor 3kW und 7-Gang Radnabenschaltung (A),
 DC-Brushless Innenläufer-Motor 3kW mit 2-stufigen Getriebe, Übersetzungsverhältnis 20:1 (B),
 Brushless Radnabenmotor 1,8kW „direct drive“ (ohne Getriebe) (C)

Tabelle 1 zeigt die charakteristischen Daten, sowie die Bewertung der Antriebsschwingen im Vergleich.

Ausgewählt für das Rennen wurde schließlich Variante (B), vor allem aufgrund des hohen Wirkungsgrades.

Aus den Messwerten des Vorgängermodells war bekannt, dass das Fahrzeug nur mit einer Vollverkleidung konkurrenzfähig wäre.

	(A) Außenläufer 7-Gang	(B) Innenläufer 20:1	(C) Radnabenmotor
Spitzenleistung	3 kW	3 kW	1,8 kW
Höchstgeschwindigkeit	70 km/h	45 km/h	35 km/h
Motorgewicht	800 g	1000 g	7 kg
max. Wirkungsgrad	90 %	94 %	82 %
Betriebsspannung	30 V	30 V	24 – 48 V
Vorteile	+ gute Beschleunigung + sehr leicht	+ höchster Wirkungsgrad + sehr leicht	+ kann bergab zurückspeisen + sehr robust
Nachteile	- Kette muss oft nachgespannt werden	- Festuntersetzung ist Kompromiss	- hohes Gewicht - rollt schlecht bei leichtem Gefälle

Tab. 1: Antriebsvarianten im Vergleich

Eine Studentengruppe aus Fahrzeugtechnik/Karosserie beschäftigte sich deshalb mit Designwürfen (Abbildung 6) und der Entwicklung einer Frontschürze, eine weitere Gruppe mit der Heckpartie und der Unterbringung der Akkus.

Die Karosserieteile von Frontschürze und Heck wurden beide in einem speziellen Positivverfahren hergestellt (Abbildung 7). Die Urform besteht aus Styrodur, ein sehr weiches Material, das sich leicht verarbeiten lässt. Ein



Abb. 6: Design-Studien für Verkleidung:
 (Ausgewählt wurde die Variante unten rechts)



Abb. 7: Positivform der Heckpartie in Catia V5 zur Erzeugung der Fräsdaten und Studenten bei der Bearbeitung des Rohlings im Karosserie-Labor

weiterer Vorteil besteht darin, dass auf schnellem Wege einteilige GFK-/CFK-Teile erstellt werden können und sogar leichte Hinterschneidungen in der Form möglich sind (siehe z.B. Radhaus). Selbst starke Hinterschneidungen sind denkbar, die Urform muss dann allerdings zerstört werden.

Kurz vor Renntermin wurden noch weitere Optimierungen am Fahrzeug notwendig. Die Befestigung der Li-Ion-Akkus (30V/20Ah) wurde aus Gründen des tieferen Schwerpunkts hinter den Sitz verlegt (Abbildung 8) und eine mikroprozessorgesteuerte Messdatenerfassung mit Display oberhalb des Lenkers installiert.

Prof. Dr.-Ing. Hugo Gabele ist Leiter des Instituts Brennstoffzellentechnik (IBZ) und lehrt an der Hochschule Esslingen Konstruktion, Labor Brennstoffzelle und Labor Verbrennungsmotoren in der Fakultät Fahrzeugtechnik.

Dipl.-Ing. Martin Ziegler ist Assistent im Institut für Brennstoffzellentechnik (IBZ) in der Fakultät Fahrzeugtechnik der Hochschule Esslingen.

Prof. Dr.-Ing. Ferdinand Panik lehrt an der Hochschule Esslingen Labor Brennstoffzelle, Alternative Fahrzeugkonzepte und Simultaneous Engineering in der Fakultät Fahrzeugtechnik.

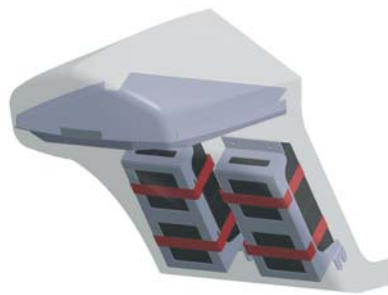


Abb. 8: Position der Akkus hinter der Rückenlehne

Das über I²C-Bus angesteuerte Display verfügt über Touchscreen-Funktionen und kann in verschiedenen Masken die Fahrdaten anzeigen. Neben tabellarischen Ansichten zur Auswertung von detaillierten Messdaten gibt es auch eine Maske für den Rennbetrieb. Hierbei werden nur die für den Fahrer absolut relevanten Daten in gut ablesbarer Größe eingeblendet (Abbildung 9).



Abb. 9: Display mit Messdatenerfassung (Ansicht im Stillstand)

Vom 07. bis zum 12. Juni 2006 ging das Fahrzeug der FHTE in Paris an den Start. Großer Dank gilt dem Team von DaimlerChrysler, das sich bereit erklärt hatte, den Transport des Ergolite Gliders kostenlos zu übernehmen. Insgesamt waren ca. 50 internationale Teams mit 80 Fahrzeugen beteiligt, davon 15 direkte Gegner in der Klassifizierung Urban Mobility / Electric Propulsion Bikes.

Beim Beschleunigungsrennen ist Antrieb (A) die beste Wahl. Dort profitiert der Ergolite Glider 2 von der guten Beschleunigung in den unteren Gängen und später von der hohen Endgeschwindigkeit.

Die besten Ergebnisse hinsichtlich Verbrauch werden mit dem Antrieb (B) erzielt, da dieser die höchste Effizienz hat. In Paris lag der Energieverbrauch damit im City-Parcours (22 km mit 36 Stoppstellen) bei 1,5 kWh, was einem Benzinäquivalent von 0,17 l/100 km entspricht, d.h. auf 100 km fallen derzeit Energiekosten von nur ca. 30 CENT an.

Auf der Teststrecke ohne Stoppstellen konnten folgende Ergebnisse erzielt werden (Tabelle 2):

Geschwindigkeit [km/h]	Reichweite [km]	Verbrauch [kWh/100 km]
35	25	1,9
30	32	1,6
25	36	1,4

Tab. 2: Reichweite und Energieverbrauch in Abhängigkeit der Durchschnittsgeschwindigkeit

Beim diesjährigen Energiesparrennen „Tour de Ruhr“ hatte der deutsche Energiesparmeister mit seinem Zweirad einen Energieverbrauch von 1,55 kWh/100 km bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 25 km/h erreicht. Der Ergolite Glider 2 (Abbildung 10) hätte damit das Potential gehabt, das beste Fahrzeug hinsichtlich Energieverbrauch zu unterbieten. Da zeitgleich in Paris gestartet, konnte an diesem Rennen leider nicht teilgenommen werden.



Abb. 10: Ergolite Glider 2 auf Testfahrt

Mit dem Ergolite Glider 2 wurde nach dem Laborfahrzeug Albatros ein weiterer Meilenstein gesetzt. Im Wintersemester 2006/07 wird das Fahrzeug auf Brennstoffzellenantrieb umgerüstet - mit dem Ziel, auch in dieser Kategorie 2007 in Shanghai den Challenge Bibendum Award zu holen.

Unser Dank gilt den Sponsoren DaimlerChrysler, Lehner Motorentechnik, Arold Schweißtechnik und Radl'eck Elektrofahrzeuge Birenbach. Ferner bedanken wir uns herzlich für die groß-

zügige Unterstützung durch die Hochschulleitung, die Fakultät Fahrzeugtechnik sowie die Förderung des VdF zur Optimierung des zukünftigen Brennstoffzellensystems. ■

NICHTS ALS HIRNGESPINSTE?

PETER VÄTERLEIN

Autos baut man aus Blech und sie fahren mit Benzin oder Diesel. Bei der Entwicklung moderner Autos spielen allerdings Computer und spezialisierte Software eine Schlüsselrolle. Ein ideales Betätigungsfeld für Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs Softwaretechnik und Medieninformatik der Hochschule Esslingen.

WENN MAN ETWAS SIEHT, DAS NICHT DA IST, IST ES VIRTUELL

Funkelnd steht das neue Cabrio in der Sonne. Der Entwicklungsingenieur Felix Findig betrachtet es von allen Seiten, von innen und außen. Spiegeln die Instrumente? Lässt sich das Verdeck öffnen und schließen, ohne „anzuckern“? Dann folgt ein prüfender Blick auf die Ergebnisse von Windkanal- und Crashtests – alles in Ordnung soweit. „Zeit zum Mittagessen“, sagt ein Kollege. Ingenieur Findig aktiviert den Bildschirmschoner seiner Workstation und steht von seinem Schreibtisch auf.

Denn: bislang existiert das neue Modell nur in der Phantasie seiner Entwickler – und im Computer. Bevor das erste Blech gestanzt und gebogen wird, existieren neu entwickelte Autos heute bereits komplett und fahrbereit als virtuelle Prototypen. Die elektronischen Konstruktionszeichnungen dienen als Basis für Datenmodelle, die für eine Vielzahl von Simulationen und Versuchen herangezogen werden. Beim *Computer Aided Engineering (CAE)* wird die Festigkeit der einzelnen Bauteile und ihr Verhalten bei einem Unfall ebenso getestet wie das Verhalten des Fahrzeugs im virtuellen Windkanal, seine Fahrdynamik oder seine Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischer Streustrahlung, zum Beispiel wenn die Insassen telefonieren. Moderne Compu-

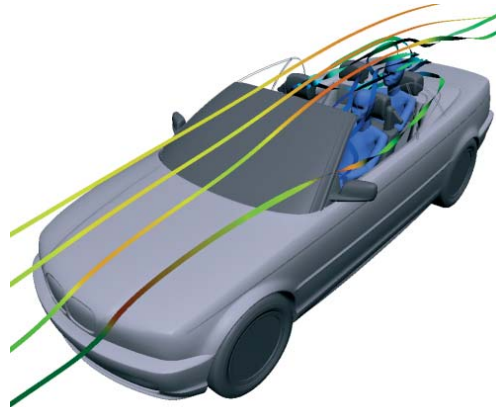


Abb. 1: Windkanalsimulation, berechnet mit EXA PowerFLOW, ausgewertet und visualisiert mit dem PowerVIZ Postprozessor. (Grafik: science + computing ag, Tübingen, mit freundlicher Genehmigung der BMW AG)

tergrafik erlaubt den Designern eine foto-realistische Vorschau darauf, wie das Interieur später auf die Insassen wirken wird. Nur den Geruch der Lederpolster muss man sich momentan noch dazu denken.

Möglich geworden ist der virtuelle Prototyp durch die rasante Entwicklung und den gleichzeitigen Preis-

verfall bei der Computer-Hardware einerseits und das präzise Zusammenspiel immer leistungsfähigerer Software, die sich diskret hinter einfach zu bedienenden Web-Oberflächen oder grafischen Benutzerschnittstellen verbirgt.

Die Vorteile des digitalen Prototypen sind vielfältig. Zunächst ist diese Art der Entwicklung billiger und schneller als die klassische Entwicklung auf der Basis realer Prototypen. Fehler in der Konstruktion, zum Beispiel nicht passende Schnittstellen zwischen Teilen unterschiedlicher Zulieferer, können frühzeitig erkannt und beseitigt werden. Die Konstrukteurin oder der Konstrukteur können teilweise schon in der Entwurfsphase erkennen, ob die Konstruktion stabil genug oder beispielsweise anfällig für Schwingungen ist. Die Zusammenarbeit von Entwicklern über räumliche Distanzen hinweg, zum Beispiel zwischen Europa und Asien wird einfacher, wenn „nur“ Daten ausgetauscht werden müssen.