

Ohio State EcoCAR 2 –  
Hybrid-Power auf dem ersten Platz

# Modellbasiert. gewinnen



Beim Wettbewerb EcoCAR 2 belegte das Team der Ohio State University (OSU) mit seinem Plug-in-Hybrid-Konzept einen beeindruckenden ersten Platz. In dreijähriger Arbeit und mit Werkzeugen aus der Industrie entworfen, implementierten und testeten die Studenten einen energieeffizienten Elektro- und Ethanolantrieb inklusive elektrischer Rekuperation. In einem 2013er Chevrolet Malibu überzeugte er sowohl Tester als auch Jury auf ganzer Linie.



Foto von Myles Regan/ CC BY-ND 2.0

<https://www.flickr.com/photos/daeavtc/14338888602/in/album-72157644984645925>

dSPACE Magazin 3/2015 · © dSPACE GmbH, Paderborn, Germany · info@dspace.com · www.dspace.com

„**E**inem Serienfahrzeug mit einem eigenen Konzept eine solche Verbrauchs- und Emissionsenkung zu verpassen – bei Erhalt der vollen Leistung – ist ein gigantisches Ergebnis, obendrein für Studenten, die dies im Rahmen ihres Studiums bewältigen“, so Santhosh Jogi, Director of Technology bei dSPACE Inc. „Der erste Platz in der Gesamtwertung des EcoCAR-2-Wettbewerbs war mehr als verdient. Und wir sind natürlich stolz, dass Werkzeuge von dSPACE eine so entscheidende Rolle im Entwicklungsprozess gespielt haben. Zusätzlich haben wir dem Team auch den ersten Platz des dSPACE Embedded Success Awards verliehen, denn es hat die Produktentwicklung, den modellbasierten Entwicklungsprozess und den Werkzeugeinsatz umfangreich verinnerlicht und effektiv miteinander verbunden“, erläutert Jogi weiter.

### Wettbewerb für die Macher von morgen

„Das war eine große Sache“, berichtet M.J. Yatsko, EcoCAR-3-Co-Teamleiterin sowie verantwortlich für die EcoCAR-2-HIL-Tests. „Der ganze drei

Jahre dauernde Wettbewerb EcoCAR 2 mit 15 nordamerikanischen Uni-Teams, gesponsert vom US-Energieministerium (DOE), General Motors (GM) und zahlreichen weiteren Institutionen und Unternehmen, ließ uns Studenten die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen der Automobilindustrie hautnah spüren.“ Beim Wettbewerb galt es, die Energieeffizienz und Umweltverträglichkeit eines bereits etablierten Serienfahrzeugs, des 2013er Chevrolet Malibu, weiter zu optimieren. Jedes Team hatte drei Jahre Zeit, seine Fahrzeugentwürfe zu konzipieren, zu entwickeln und zu implementieren, ohne dabei Abstriche bei Leistung, Sicherheit und Verbraucherakzeptanz zu machen. Während der Entwicklungsarbeit orientierte sich das OSU-Team bei den zu lösenden Teilaufgaben an den bei General Motors etablierten Entwicklungsprozessen. Das Plug-in-Hybrid-Konzeptfahrzeug erzielte ein Kraftstoffverbrauchsäquivalent von 4,7 Litern Benzin sowie einen Stromverbrauch von 19,6 kWh pro 100 Kilometern – bei deutlich verbesserten Abgaswerten.

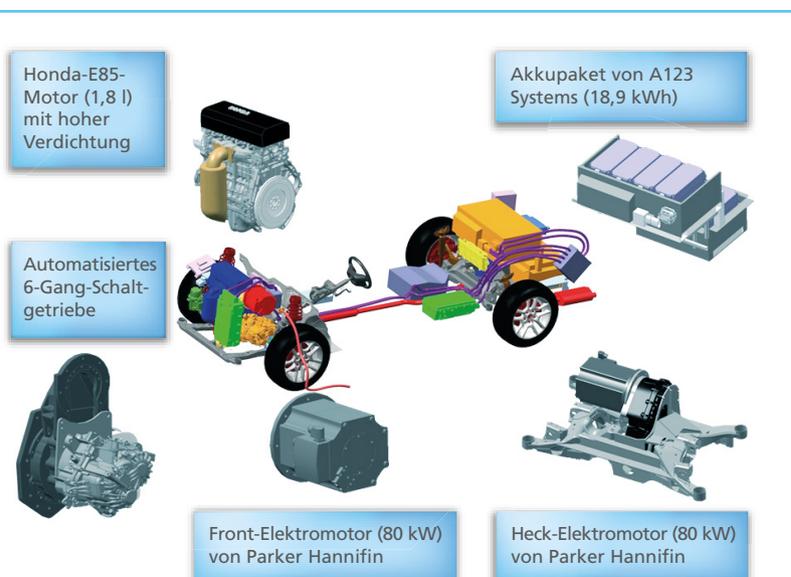
### Im Herzen des EcoCAR 2

„Als Fahrzeugarchitektur wählten wir ein Plug-in-Hybridkonzept“ erklärt Jason Ward, Projektleiter im OSU-Team. „Für Kraft ist hier mehrfach gesorgt: Die Frontachse wird von einem Honda-Ethanol-Verbrennungsmotor mit 1,8 Liter Hubraum und 6-Ganggetriebe angetrieben. Zusätzliches Drehmoment liefert ein 80-KW-Elektromotor, der über einen Riemen an das Getriebe gekoppelt ist. Die Hinterachse wird von einem weiteren 80-KW-Elektroantrieb angetrieben.“ Andrew Huster, Leiter des Elektrik-Teams, stellt die wesentlichen Vorteile dar: „Die verschiedenen Antriebskomponenten lassen sich flexibel miteinander kombinieren und so zu Antriebsmodi wie Verbrennungsantrieb, Hybridantrieb und rein elektrischem Antrieb zusammenfassen. Die Batterieeinheit kann je nach Antriebsmodus gezielt aufgeladen, durch Rekuperation erhalten oder im Betrieb entladen werden.“ Speziell für die reibungslosen Übergänge von einem Modus zum anderen wurden vom OSU-Team umfangreiche Tests durchgeführt. Die Plug-in-Hybrid-Reglerarchitektur ist hierarchisch aufgebaut. Die übergeordnete zentrale Steuereinheit übernimmt eine dSPACE MicroAutoBox® II. Darunter befinden sich, über mehrere CAN-Bus-Schnittstellen angebunden, die Low-Level-Controller für Motor, Batterie, Bremsen, Getriebe, Elektromotoren etc. Die Architektur lässt sich leicht erweitern, sie ist fehler-tolerant und macht es zudem einfacher, verschiedene Reglervarianten auszuprobieren.

### HIL-Tests mit dem dSPACE Simulator

Im ersten Jahr des Wettbewerbs konzentrierten sich die Studenten auf die Fahrzeugarchitektur und die Fahrzeugteilsysteme. Neben SIL-Tests (überwiegend mit einer von der OSU selbst entwickelten SIL-Simula-

Abbildung 1: Die Fahrzeugarchitektur – flexible Kraftverteilung auf beide Achsen.





„dSPACE Werkzeuge haben signifikant dazu beigetragen, dass unser Team die Meilensteine und Spezifikationsziele für EcoCAR 2 erreicht hat. Die dSPACE Werkzeuge erlaubten es uns, den Steuerungscode komfortabel zu testen, während parallel die mechanischen und elektrischen Teilsysteme entworfen und erstellt wurden.“

*Matthew Yard, damaliger Leiter des OSU-EcoCAR-2-Teams*

tionslösung) wurden intensive HiL-Tests mit Hardware und Software von dSPACE durchgeführt. Im zweiten Jahr ging es dann an die konkrete Fertigstellung eines Prototyps und die Integration der Komponenten. Im dritten Jahr schließlich wurde das Fahrzeug, begleitet von zahlreichen Fahrtests, mit Hilfe der eingerichteten Werkzeugkette weiter optimiert, um die vom Wettbewerb geforderten Verbrauchs- und Emissionsziele zu erreichen. Um bei den HiL-Tests sowohl jeden der vom Team programmierten Controller mit Hilfe von Simulation und Fehlertests auf Herz und Nieren zu prüfen als auch die Kommunikation zwischen den Controllern zu testen, arbeitete das OSU-Team mit 4 verschiedenen HiL-Konfigurationen auf Basis eines dSPACE Simulators Mid-Size. Das Team nutzte diese HiL-Konfigurationen mit dynamischen Closed-Loop-Reglermodellen, um das funktionale Verhalten, die Fehlererkennung und -behebung, die Steuergerätekommunikation sowie viele andere Komponenten- und Fahrzeugfunktionen zu testen. Die vier HiL-Konfigurationen:

- **Fall 1:** Validierung des Hauptcontrollers mit Hilfe einer dSPACE MicroAutoBox® II. Es kamen Simulationsmodelle verschiedener Hersteller zum Einsatz. >>

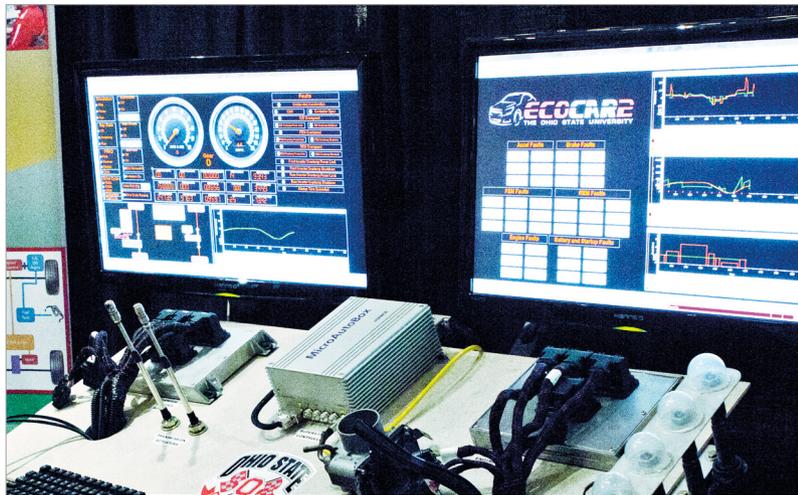


Abbildung 2: ControlDesk® Next Generation für die HiL-Tests mit einem dSPACE Simulator Mid-Size und für die Regleranwendungen auf der dSPACE MicroAutoBox II.



Abbildung 3: Katherine Bovee (OSU) zeigt Michael Knotek (US-Energieministerium) das Fahrzeug.

Ausschnitt des Originalbildes von Myles Regan/CC BY-ND 2.0  
<https://www.flickr.com/photos/doesavtcl14221296830/in/album-72157644984645925/>

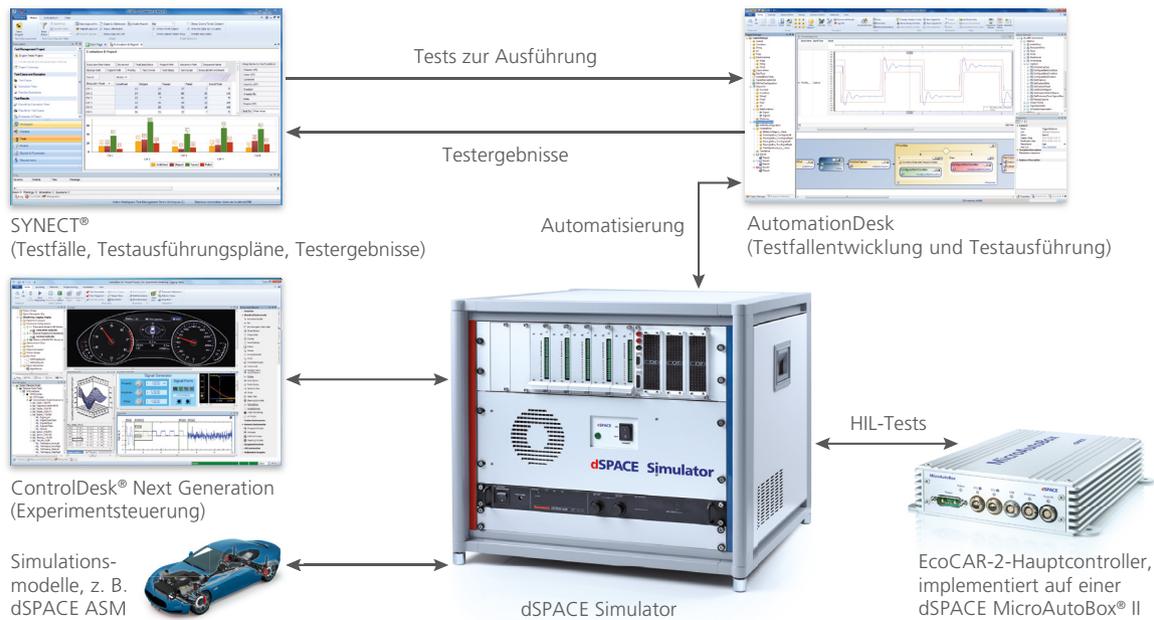


Abbildung 4: dSPACE Werkzeugkette mit SYNECT als zentraler Datenmanagement-Software.

- **Fall 2:** Validierung der Verbrennungsmotorsteuerung mit dSPACE ASM (Automotive Simulation Models) als Simulationsmodell und einem Entwicklungssteuergerät.
- **Fall 3:** Validierung der Getriebesteuerung mit dSPACE ASM als Simulationsmodell und 128-Pin Woodward MotoTron als Controller.
- **Fall 4:** Validierung der CAN-Kommunikation des gesamten vom OSU-Team realisierten Controller-Netztes.

„Anfangs wurden die Tests von unserem Team manuell durchgeführt, doch es wurde sehr schnell klar, dass hier ‚mehr‘ nötig war, um die Sicherheit des Steuerungs-

codes zu erreichen“, berichtet Amanda Hyde, damalige Leiterin des EcoCAR-2-Fehlerdiagnose-Teams.

„Es mussten umfangreiche, automatisierte Regressionstests für jede neu erstellte Code-Version durchlaufen werden, unter Berücksichtigung der vollen Controller-Funktionalität. Zur Lösung wurde eine leistungsstarke Werkzeugkette mit dSPACE SYNECT®, dSPACE AutomationDesk sowie dem dSPACE Simulator aufgebaut. Durch die Automatisierung entstand dem OSU-Team ein entscheidender Zeitvorteil für die Tests im Fahrzeug. Insgesamt wurden 74 % der HIL-Tests automatisiert.“

#### AutomationDesk – Test Authoring und Automatisierung

Die grafische Programmierung der Testroutinen und die Erstellung der Testskripte wurden in AutomationDesk durchgeführt. Mit der integrierten Debugging-Funktion und der Möglichkeit, Breakpoints zu setzen und Tests schrittweise zu untersuchen, wurde sichergestellt, dass Fehler schnell gefunden wurden, was in zuverlässigen Testsequenzen resultierte. Insgesamt nutzte das Team 76 automatisierte Tests, die aufgrund von geschickter Testgruppierung und Parametrierung durch nur 16 Test-Skripte abgedeckt werden konnten.

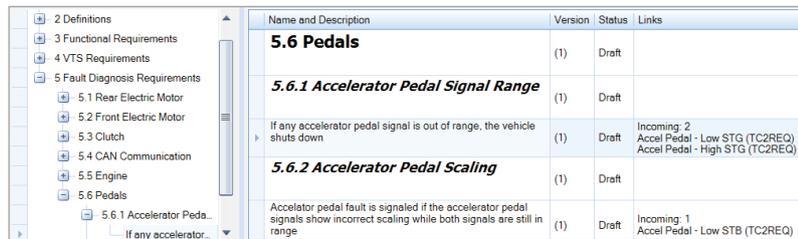


„dSPACE SYNECT war eine großartige Hilfe für unsere Regressionstests im dritten Jahr des Wettbewerbs. Wir konnten uns so mehr auf die Tests im Fahrzeug und auf die übergreifenden Optimierungen am Fahrzeug konzentrieren, während SYNECT ein zentrales Tool für die Verwaltung unserer Entwicklungsdaten und der Testläufe war.“

Amanda Hyde, damalige Leiterin des OSU-EcoCAR-2-Fehlerdiagnose-Teams

## SYNECT – Souveränes Datenmanagement beim automatisierten Testen

SYNECT, die Datenmanagement-Software von dSPACE, spielte eine zentrale Rolle für das automatisierte Testen. Zunächst lud das OSU-Team die Liste der Anforderungen aus dem Anforderungsdokument („Control Requirements and Validation Document“) in SYNECT. Zur Definition der Tests importierten die Studenten parametrisierte Skripte aus AutomationDesk. Die definierten Testfälle, verknüpft mit den Anforderungen für optimale Nachverfolgbarkeit, konnten in SYNECT komfortabel über die Testausführungspläne abgearbeitet werden. So ließ sich der Erfolg der Tests im Verlauf des Testzeitraums mit entsprechend konfigurierten Testberichten leicht verfolgen. Änderungen der Anforderungen und der zugehörigen Testfälle und AutomationDesk-



Name and Description	Version	Status	Links
<b>5.6 Pedals</b>	(1)	Draft	
<b>5.6.1 Accelerator Pedal Signal Range</b>	(1)	Draft	
If any accelerator pedal signal is out of range, the vehicle shuts down	(1)	Draft	Incoming: 2 Accel Pedal - Low STG (TC2REQ) Accel Pedal - High STG (TC2REQ)
<b>5.6.2 Accelerator Pedal Scaling</b>	(1)	Draft	
Accelerator pedal fault is signaled if the accelerator pedal signals show incorrect scaling while both signals are still in range	(1)	Draft	Incoming: 1 Accel Pedal - Low STB (TC2REQ)

Abbildung 5: Anforderungsliste in SYNECT mit verknüpften Testfällen.

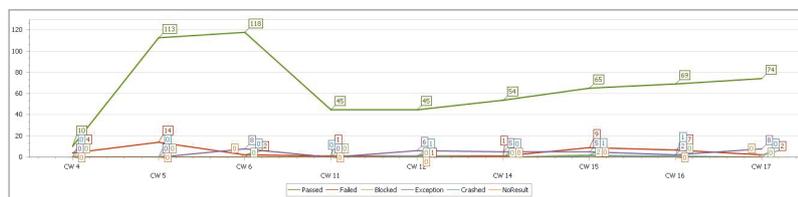


Abbildung 6: Anschauliche Verfolgung des Testfortschritts in SYNECT.

Automatisierungsskripte lassen sich in SYNECT jederzeit mit wenigen Klicks aktualisieren. ■

Mit freundlicher Genehmigung des EcoCAR-2-Teams der Ohio State University.

## Ausblick und Fazit

„Durch die von Beginn an hoch gesteckten Ziele und die beachtliche Komplexität des Plug-in-Hybrids konnte unser Team den erzielten Erfolg nur mit Hilfe eines besonders effizienten Entwicklungsprozesses und mit professionellen Werkzeugen erreichen“, fasst Matthew Yard, damaliger Leiter des OSU-EcoCAR-2-Teams, das Projekt zusammen. Die knappen Zeitressourcen mussten optimal verteilt werden, was dem Team eindrucksvoll gelang. Dabei arbeiteten sich die Studenten schnell in Entwicklungsprozess und Werkzeuge ein und beherrschten die dSPACE Werkzeugkombination aus dSPACE Simulator, MicroAutoBox II, SYNECT, AutomationDesk und ControlDesk Next Generation schon nach kurzer Zeit souverän. Mittler-



Abbildung 7: Strahlende Sieger – der erste Platz für das Plug-in-Hybrid-Konzept des EcoCAR-2-Teams der Ohio State University.

weile ist bereits der Wettbewerb EcoCAR 3 in vollem Gange, dessen Anforderungen nochmals erhöht wurden. In einem nun vierjährigen Prozess soll ein 2016er Chevrolet Camaro optimiert werden, zusätzlich zu den Anforderungen von EcoCAR 2 auch im Hinblick auf weitere Krite-

rien wie Kosten und Innovationsgrad. Das mittlerweile neu aufgestellte OSU-Team gewann bereits das erste Jahr dieses neuen Wettbewerbs. dSPACE gratuliert dem Team der Ohio State University zur beeindruckenden Leistung und wünscht weiterhin viel Erfolg!