



# Sichere Fahrt bei 400 km/h

## Fahrdynamik- und Fatigue-Tests am Czingler 21C

imc Test & Measurement

**Application Note** // Florian Sailer, Business Development Vehicle Dynamics

Der Czinger 21C ist in jeder Hinsicht auf Geschwindigkeit ausgelegt, denn das Fahrzeug ist mit einem 1.350 PS starken Hybrid-Antriebsstrang ausgestattet, der einen 2,88-Liter-V8 mit einem 800-Volt-Elektromotor und einem Rekuperationssystem kombiniert. Um das Fahrverhalten und die Betriebsfestigkeit des Fahrzeugs zu testen, plante Divergent 3D, der Hersteller des Czinger 21C, eine 14-tägige Messkampagne. Diese fand auf der Teststrecke Willow Springs nördlich von Los Angeles in Kalifornien statt, wo bei Hochgeschwindigkeitsfahrten in Kurven und an steilen Steigungen raue Bedingungen herrschten und mit Staubeintritt und Vibrationen gerechnet werden musste.



**ABB 1.**  
*Der Czinger 21C auf der  
Teststrecke in Willow Springs,  
Kalifornien.*

## Die Vorteile objektiver Messdatenerfassung

Fahrdynamik kann mit unterschiedlichen Ansätzen bewertet werden. Für viele erfahrene Testfahrer oder Motorsport-Piloten zählen vor allem persönliches Empfinden und Erfahrung, um das Fahrzeug und das Fahrverhalten zu analysieren und zu optimieren. Ein messtechnischer Ansatz, der auf reproduzierbare, technisch belegbare Messdaten zurückzugreift, unterscheidet sich davon. Beim Testen des Fahrverhalten und der Betriebsfestigkeit des Czinger 21C fokussierten sich die Test-Ingenieure von Divergent 3D auf technisch überprüfbare Messdaten. Durch die Untersuchung der Kräfte und Momente, die von außen auf die Räder einwirken, konnten Prozesse verifiziert und optimiert werden und Rückschlüsse, beispielsweise auf unterschiedliche Materialmischungen oder Reifenprofile sowie auf die Sicherheit der verschiedenen Assistenzsysteme gezogen werden.



**ABB 2.**  
Fahrdynamische  
Drehmomente und Kräfte,  
die auf die Räder des  
Fahrzeugs einwirken.



**ABB 3.**  
Messlösung von imc Test & Measurement am Czingler C21

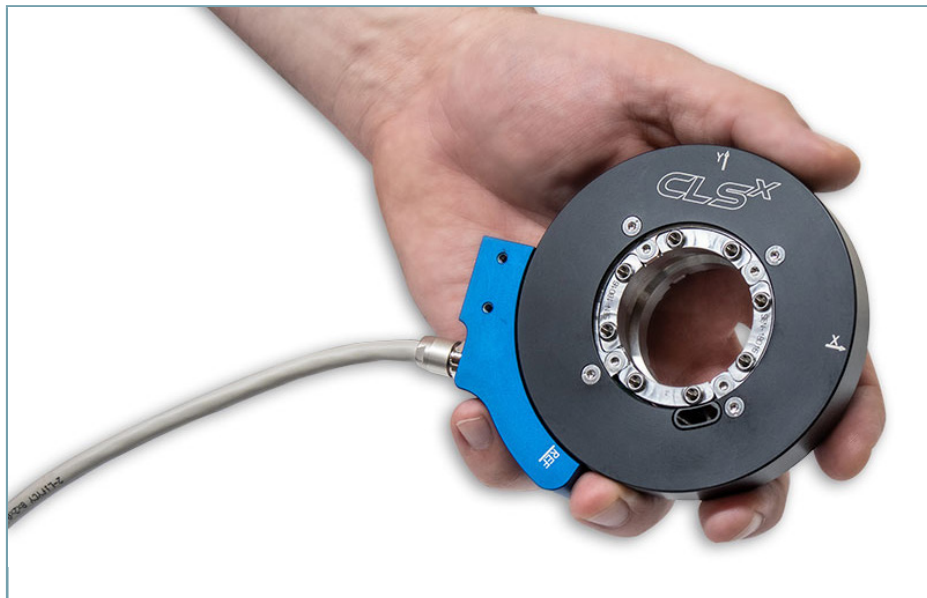
## Messdatenerfassung am Czingler 21C

Für die vierzehntägige Messkampagne zur umfassenden Untersuchung des Czingler 21C Hypercar wurde eine Messlösung benötigt, die neben Fahrdynamik-Daten weitere 100+ Kanäle aufnehmen und verarbeiten konnte. Neben den technischen Eigenschaften des Fahrzeugs, das über eine maximale Geschwindigkeit von 400 km/h fahren kann, beeinflussten auch die rauen Bedingungen auf der Teststrecke und ein enger Zeitplan die Auswahl von Messhardware und Sensoren. Sowohl die Messtechnik als auch die Sensoren, insbesondere die Messräder, müssen diesen rauen Bedingungen gewachsen und für die auftretenden Lasten entsprechend robust ausgelegt sein.

Divergent 3D nutzte eine Testlösung von imc Test & Measurement, einer Marke von Axiometrix Solutions, und die einen Workshop zur Installation der Messlösung durchführte. Die Lösung umfasste das vielseitige und modulare Datenerfassungssystem imc CRONOSflex, vier imc WFT-C<sup>X</sup> Radkraftaufnehmer und weitere imc Sensoren, darunter der imc CLS<sup>X</sup> Lenksensor. Letzterer zeichnete Lenkmoment, Winkel, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Säulenschwingungen in x-, y- und z-Richtung auf. Die komplette Testlösung wurde so konzipiert, dass die fahrdynamischen Parameter zusammen mit Beschleunigungen, Temperaturen und Drücken synchron aufgezeichnet und analysiert werden.



**ABB 4.**  
Das Messsystem imc  
CRONOSflex und das  
Messrad imc WFT-CX



**ABB 5.**  
Lenkradsensor imc CLSx

## Messdaten zur Überprüfung und Optimierung miteinander verbundener Systeme

In modernen Fahrzeugen, wie dem Czinger 21C, arbeiten eine Vielzahl an Steuergeräten (ECUs). Beim Czinger Hypercar beispielsweise wird jedes Rad von einem eigenen Elektromotor angetrieben, was einen sicheren Betrieb auch bei Spitzengeschwindigkeiten von bis zu 400 km/h und bei dynamischen Kurvenfahrten ermöglicht. Bei fahrdynamischen Tests mit Messdatenerfassung ist es dadurch möglich Rückschlüsse über das synchrone Zusammenarbeiten der ECUs zu ziehen, einschließlich der „Rückmeldung“ des Fahrzeugs. Dies ist entscheidend, um die Fahrleistung

zu optimieren. Die Räder und Reifen spielen eine zentrale Rolle bei der Bestimmung der Stabilität und Sicherheit des Fahrzeugs, da sie der einzige Kontaktpunkt mit der Straße sind. Aus diesem Grund wurde im Test an jedem Rad ein Messrad angebracht. Neben den Rädern haben auch der Antrieb und die Lenkung einen wesentlichen Einfluss auf die Fahrdynamik des Fahrzeugs. Das Lenkverhalten des Fahrers wirkt sich direkt auf die Räder aus, was wiederum das Fahrverhalten und die Stabilität des Fahrzeugs beeinflusst. Mit Hilfe eines Lenksensors konnten in Echtzeit präzise Erkenntnisse über das Zusammenspiel zwischen den Lenkeingaben des Fahrers und den Reaktionen des Fahrzeugs gewonnen werden.



#### **ABB 6.**

*Der Lenksensor imc CLS<sup>x</sup> auf der Lenksäule des Czingler 21C*

## **Was bringen zusätzliche Fatigue-Tests?**

Das Erfassen von Messdaten anhand von Betriebsfestigkeitsuntersuchungen verschiedener Fahrwerkskomponenten am Czingler Hypercar war bei den Testfahrten ein zweites, wichtiges Ziel der Messkampagne. Einige Komponenten des Czingler 21C werden mit Hilfe innovativer Verbundverfahren hergestellt und insbesondere bei dynamischen Fahrmanövern sind die Räder, die Lenkung und die Antriebsachse hohen Belastungen ausgesetzt. Daher wurden Fatigue-Tests durchgeführt, um Daten über verschiedene Fahrwerkskomponenten zu sammeln und den Materialverschleiß und die Abstimmung der Komponenten zu bewerten.

## **Optimierung von Entwicklungsprozessen**

Die Messkampagne ermöglichte es den Ingenieuren von Divergent 3D, die eigene Datenbasis zum Fahrverhalten des 21C erweitern und zusätzliche Messdaten zur Betriebsfestigkeit und Fahrdynamik zu sammeln.

Der Fahrzeughersteller erhielt einen umfassenden Einblick und tiefere Erkenntnisse für die kontinuierliche Weiterentwicklung des Fahrzeugs durch kürzere Entwicklungszeiten und die Optimierung der 3D-gedruckten Komponenten.



#### ABB 7.

Instrumentierung des  
Czingher 21C Hypercar

## Der Vorteil der imc Messlösung

Verschiedene Faktoren beeinflussten die Ingenieure von Divergent 3D, das Projekt mit der imc Messlösung voranzutreiben. Die Entscheidung für die umfassende Messlösung von imc Test & Measurement fiel seitens Divergent 3D aufgrund der schnellen Projektplanung, der Vor-Ort-Schulung, der Lieferung der Hardware und der Inbetriebnahme durch die Anwender. Darüber hinaus überzeugten die Messräder imc WFT-C<sup>X</sup> und der Lenksensor imc CLS<sup>X</sup> durch technologische Vorteile. Diese zeichnen sich durch eine einfache und benutzerfreundliche Installation, Robustheit und Zuverlässigkeit sowie die vollständige Integration in das umfassende universelle Datenerfassungssystem imc CRONOSflex aus. Während der gesamten Messkampagne wurde der WFT C<sup>X</sup>-Sensor sowohl in mobilen Tests als auch auf dem Prüfstand eingesetzt und stellte so die Vielseitigkeit und Effektivität des Messrad-Sensors unter Beweis.

*"Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Handhabung sind am wichtigsten, und das WFT-C<sup>X</sup> erfüllt alle Kriterien."*

Joeri ter Hofstede,  
Component & Vehicle Test  
Manager bei Divergent 3D