



„Die Abhängigkeit von realen Testfahrzeugen wird drastisch sinken“

Meena Kumari, Polestar Performance AB
Anton Albinsson, Polestar Performance AB

Polestar verwendet in der Fahrzeugentwicklung ein neuartiges kombiniertes Testsystem für Bremse, Lenkung und Radaufhängung, das in enger Zusammenarbeit mit IPG Automotive entwickelt wurde. Henning Kemper, Specialist Editor bei IPG Automotive, hat mit den Ingenieur*innen Meena Kumari und Anton Albinsson des Vehicle Motion Control Teams bei Polestar gesprochen und sie zur Rolle der Simulation im Unternehmen befragt.

Können Sie kurz beschreiben, welche Ziele das Vehicle Motion Control Team bei Polestar verfolgt?

Kumari: Ja, selbstverständlich! Eine der Hauptaufgaben unseres Teams ist die Systementwicklung von Bremse, Lenkung und Radaufhängung. Aber auch Definition, Bewertung, Implementierung und Management der Anforderungen an die Funktion, die Sicherheit und die Cybersicherheit gehören zu unseren Aufgaben.

Darüber hinaus beschäftigen wir uns mit der Überprüfung und Absicherung von Funktionen, Systemen und Performance und sind Expert*innen für Abstimmung und Kalibrierung.

Welche Rolle spielt die Simulation in Ihrem Entwicklungsprozess?

Albinsson: Wir setzen auf eine End-to-End-Teststrategie, um sicherzustellen, dass alle Systeme über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg korrekt funktionieren. Dadurch wird auch die optimale Funktion aller Systemkomponenten unter realen Bedingungen gewährleistet.

Dieser Prozess beginnt mit reinen Softwaretests, gefolgt von kombinierten Software- und Hardwaretests. Abschließend erfolgen die Systemintegration, -verifizierung und -validierung unter realen Bedingungen. Die Hardware-in-the-Loop(HIL)-Systeme bilden

dabei ein zentrales Element für die Prozesseffizienz. Im Laufe des Prozesses nehmen die Virtualisierung und Skalierbarkeit ab, während die Kosten und der Aufwand steigen.

Kumari: Im ersten Schritt wird ein virtueller Prototyp in MATLAB Simulink und CarMaker entwickelt. Dieser Prototyp kann zur schnellen Bewertung des Betriebsverhaltens eines repräsentativen Fahrzeugs oder zur Entwicklung der Regelungslogik verwendet werden.

Anschließend verwenden wir eine Kombination aus CarMaker und Model-in-the-Loop(MIL)-Komponenten von Zulieferern. In dieser Phase dienen die Tests hauptsächlich dazu, die Regelungslogik für Bremsen, Lenkung und Radaufhängung zu bewerten. Da keine reale Hardware verwendet wird, ist die Simulation des Betriebsverhaltens an dieser Stelle nur eingeschränkt möglich.

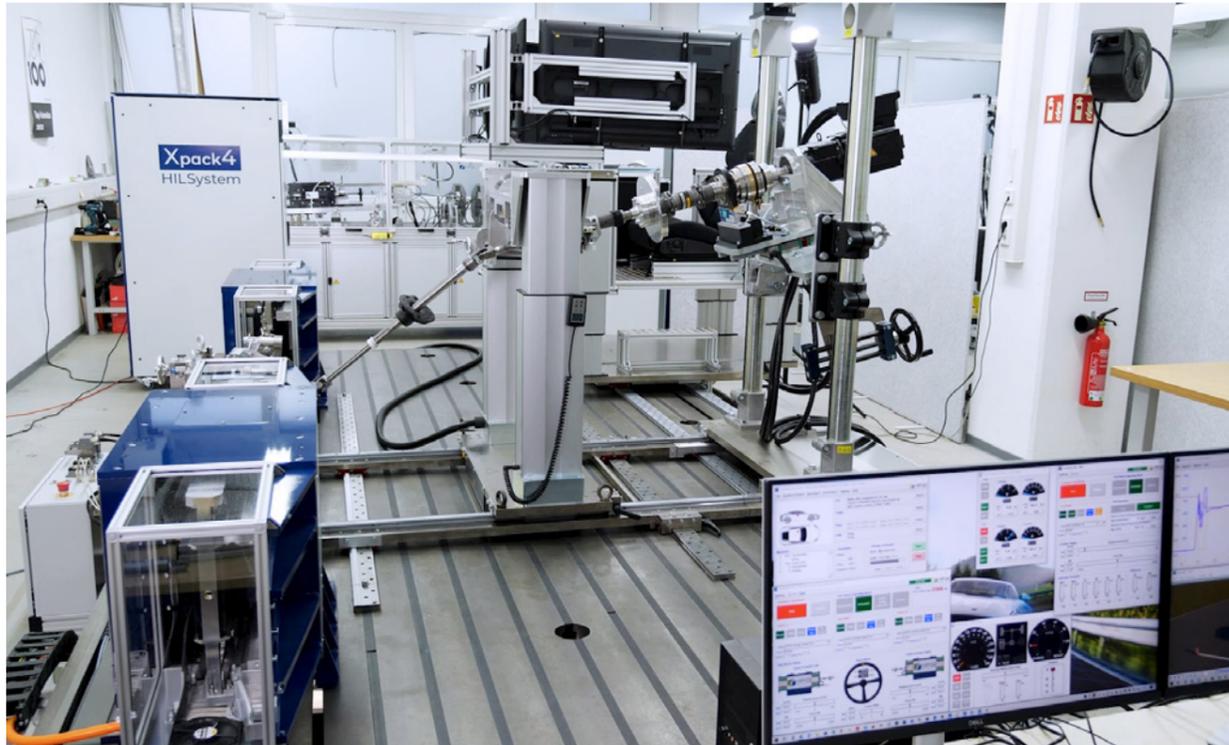
Um die virtuellen Tests mit den realen Tests zu verbinden, kommt bei uns eine Kombination aus einem Fahrsimulator, einem HIL-System von IPG Automotive und einem Komponenten-HIL zum Einsatz. Der Fahrsimulator ermöglicht auf Basis von Driver-in-the-Loop (DIL) Funktionstests und Kalibrierungen, um realistische Fahrereingaben zu erhalten. Das HIL-System wird für leistungsorientierte Tests eingesetzt – damit können objektive Parameter des Fahrverhaltens und der Lenkung getestet werden.

Auch die Durchführung reproduzierbarer Tests von Software, Hardware und Kalibrierung im Falle eines „Failure Mode“ (Störfallmodus) ist möglich. Da hier reale Steuergeräte zum Einsatz kommen, gibt es einige Einschränkungen bezüglich der Sensorik. Außerdem ist eine engere Korrelation zwischen dem realen Fahrzeug und der Simulation erforderlich.

Welche Pläne haben Sie für den Einsatz des kombinierten Testsystems Brake- und Steering-in-the-Loop bei Polestar?

Kumari: Das System wird hauptsächlich in den eingangs beschriebenen frühen bis mittleren Entwicklungsphasen eingesetzt, also für die Entwicklung und den Test von Software sowie für die Verifizierung und Validierung der Systemintegration.

Darüber hinaus planen wir, eine Kombination aus realen Lenk-, Brems- und Aufhängungssystemen zu testen. Diese Vorgehensweise eignet sich besonders für Funktionen, die stark miteinander interagieren, wie beispielsweise die Antriebsschlupfregelung. Wir gehen davon aus, dass dies zu einer massiven Steigerung der Prozesseffizienz führen wird und dass wir so jederzeit reproduzierbare Bedingungen für die Validierung von Komponenten und Systemen schaffen können. Unser vorrangiges Ziel ist es, den Zeit- und Kostenaufwand für die Fahrzeugprüfung zu reduzieren – die frühzeitige Fehlererkennung trägt dazu bei.



Das Steering-in-the-Loop-Testsystem

Der Prüfstand ermöglicht es uns außerdem, Regressionstests des Betriebsverhaltens durchzuführen, um Kalibrierungsprobleme wie Lenkradflattern und Rastmomente sowie Probleme des internen Bremssystems wie das Druck-Volumen-Verhältnis (P-V) oder die Bremskraftverteilung zu identifizieren. Wir können auch das Betriebsverhalten quantifizieren und reproduzierbare Tests realer Aspekte wie Lenkungsreibung und Lenkmoment durchführen.

Welche Zeit- und Kosteneinsparungen erwarten Sie dadurch?

Albinsson: Es ist schwierig, hier konkrete Zahlen zu nennen. Das Testsystem sollte dazu beitragen, die Abhängigkeit von realen Testfahrzeugen zu verringern. Der kurzfristige Nutzen

wird wahrscheinlich begrenzt sein, da die Implementierung der Prozesse und Aktivitäten einige Zeit in Anspruch nehmen wird. Aber langfristig – und das ist der entscheidende Punkt – sehen wir erhebliche Vorteile.

Unter dem Strich bedeutet das: Die Abhängigkeit von realen Testfahrzeugen wird drastisch sinken.

Der modulare Aufbau von CarMaker HIL und der Echtzeitplattform Xpack4 ermöglicht eine individuelle Systemkonfiguration. Mit welchen Anwendungsfällen haben Sie sich speziell beschäftigt?

Albinsson: Dies im Detail zu erläutern, würde wahrscheinlich den Rahmen dieses Interviews sprengen – es gibt eine Vielzahl

von Anwendungsfällen. Beispielsweise hilft uns der modulare Aufbau bei der objektiven und subjektiven Optimierung von Steuergeräten für Bremse, Lenkung und Radaufhängung sowie beim Test der Bremsleistung. Aber auch die Fahrwerks- und Gesamtsystemoptimierung, der Bremsfunktionstest und nicht zuletzt der Softwaresicherheitstest – zum Beispiel nach ISO 26262 – sind wichtige Anwendungsfälle.

Wo liegen die besonderen Herausforderungen bei Elektrofahrzeugen, wenn es um die Anpassung der Bremse und Lenkung geht?

Albinsson: In der Tat unterscheiden sich die Anforderungen an die Entwicklung von Elektrofahrzeugen hinsichtlich Bremse und Lenkung deutlich von Fahr-

zeugen mit konventionellen Antriebssträngen. An erster Stelle steht dabei natürlich die Energieeffizienz, insbesondere bei der Rekuperation. Der Übergang vom regenerativen Bremsen zum mechanischen Bremsen ist alles andere als trivial, wenn es darum geht, ein natürliches Bremsgefühl zu erzeugen – man spricht hier vom sogenannten „Brake-Blending“. Auch die Antriebsschlupfregelung und die elektronische dynamische Drehmomentregelung sind wichtig, insbesondere aufgrund der möglichen Motorkonfigurationen mit bis zu einem Motor pro Rad.

Wie lief der Prozess für die Planung des Testsystems ab und wie gestaltete die Zusammenarbeit mit den Ingenieur*innen von IPG Automotive?

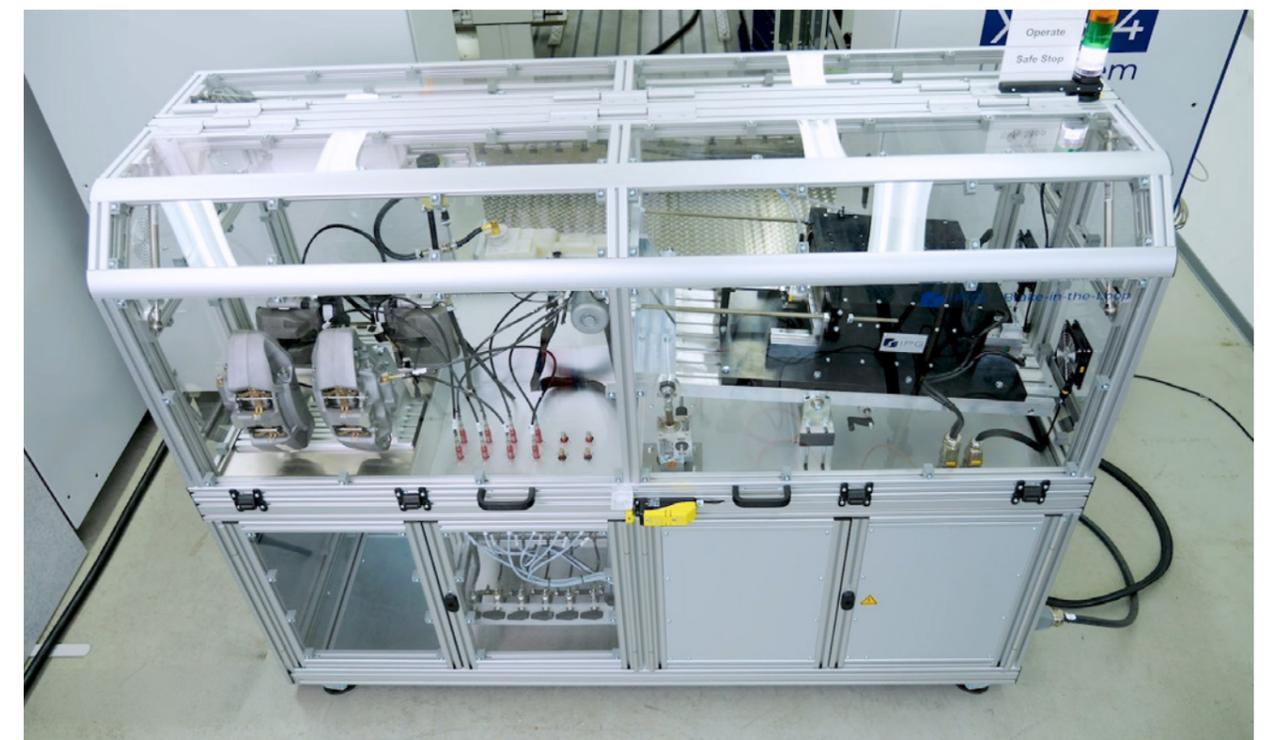
Kumari: Am Anfang hatten wir ein Testsystem vor Augen, das den Großteil der Tests und Validierungen von Fahrdynamik und Fahrzeugkinematik abdecken soll. Um Aspekte der funktionalen Sicherheit, Performance, Effizienz und Kalibrierung testen zu können, sollte dieses Testsystem so genau wie möglich dem realen Fahrzeug entsprechen. Das hauseigene Testsystem von IPG Automotive hat uns in dieser Hinsicht sehr überzeugt. Zudem wurde deutlich, dass es vollständig an unsere individuellen Anforderungen angepasst werden kann.

Nachdem wir uns für diese Lösung entschieden hatten, verlief der Prozess reibungslos. Er begann mit einem Kick-off-Meeting, bei dem die Systemarchitektur, der Zeitplan für den

Systemaufbau und alle benötigten Informationen vorgestellt wurden. Danach fanden bis zum Projektende regelmäßige Abstimmungsgespräche mit allen Beteiligten statt. Natürlich gab es auf beiden Seiten einige Herausforderungen, aber durch die kontinuierliche Unterstützung konnten wir schnell die passenden Lösungen finden.

Es war sehr bereichernd, ein Teil der Projektentwicklung zu sein – die Arbeit im Team hat ausgezeichnet funktioniert. Wir sind sehr dankbar für die reibungslose Kommunikation und die technischen Lösungsvorschläge.

Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit für dieses Interview genommen haben.



Das Brake-in-the-Loop-Testsystem