

## Messtechnik und Simulation in einem System vereint

Innovative Messsysteme erobern HiL-Methoden für effiziente Komponenten- und Systemtests

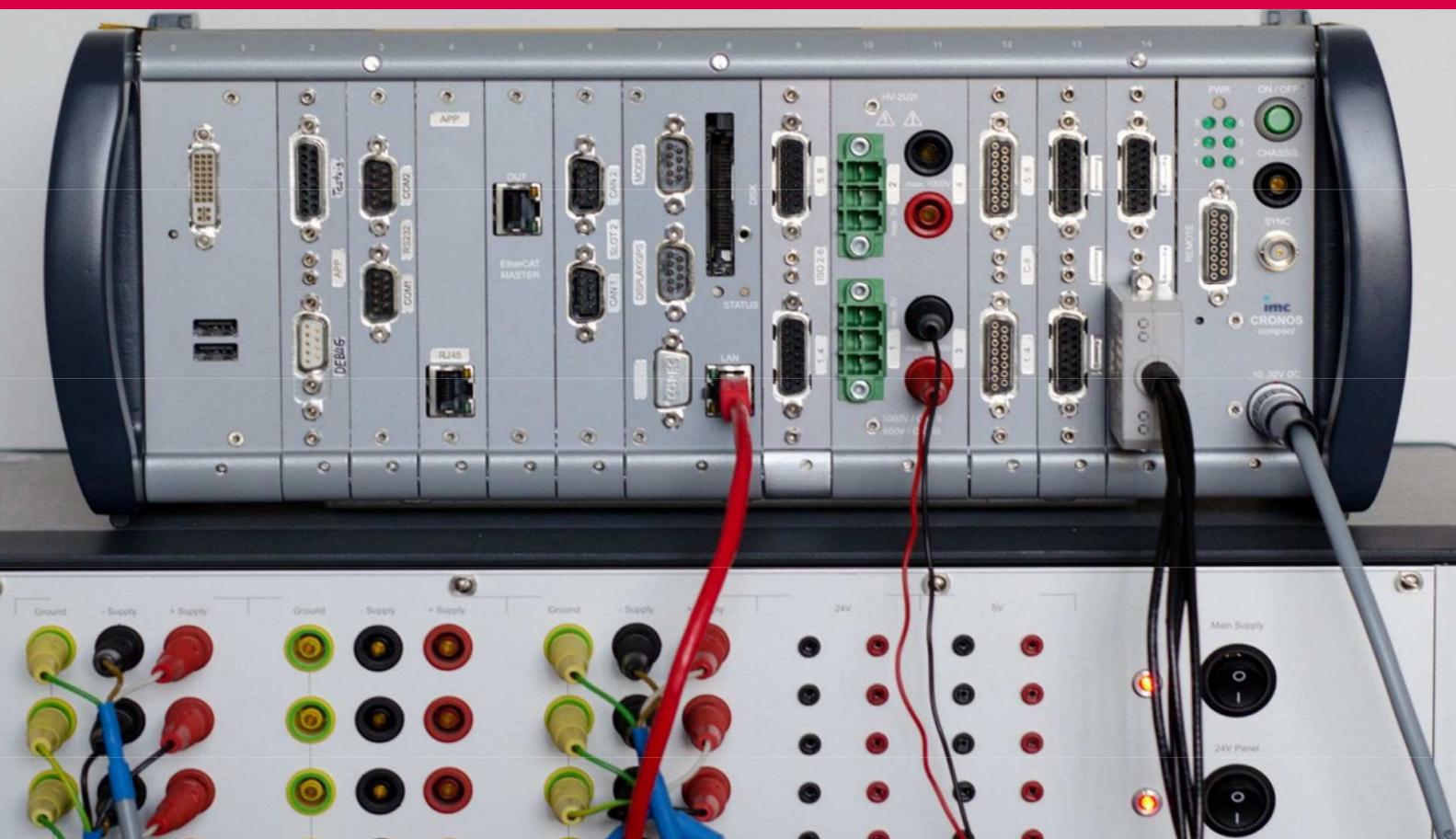


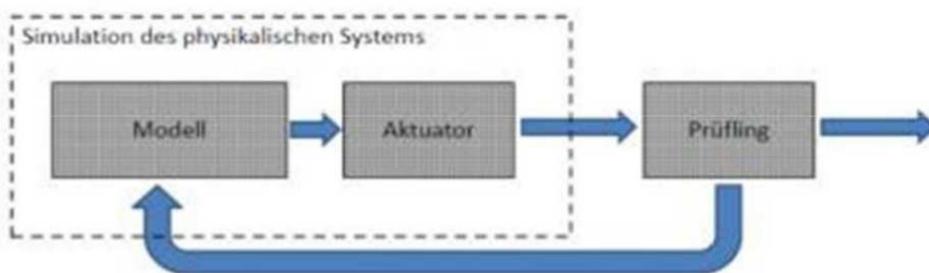
Abb. 1: imc CRONOScompact, ein universelles modulares Messsystem mit HiL-Erweiterung (eingebetteter Simulations-Prozessor)

Um bereits in einer frühen Entwicklungsphase testen zu können, werden Messsysteme und Echtzeit-Simulation vereint und fehlende Funktionen oder Komponenten durch Simulationsmodelle ersetzt. Dabei ist eine messtechnische Gesamtlösung zum Messen, Steuern, Regeln und Simulieren gefragt.

Mit imc HiL bietet die imc Test & Measurement GmbH eine schlüsselfertige Lösung für Hardware-in-the-Loop-Prüfungen (HiL), die realen Versuch und Simulation zusammenführt. Schnittstellen wie CANBus, LIN, FlexRay sowie Profibus oder EtherCat und deren Protokolle ermöglichen eine problemlose Integration – sowohl am Prüfstand als auch im mobilen Einsatz.

Moderne Produkt-Entwicklung, etwa im Automotive-Bereich, vollzieht sich heute in immer kürzeren Zyklen aber gleichzeitig auf immer höherem Komplexitäts-Niveau. Komponenten oder Subsysteme für ein komplexes Gesamtsystem zu entwickeln und zu integrieren, stellt in den hochgradig arbeitsteiligen und parallelisierten Entwicklungsprozessen ganz neue Herausforderungen an die dabei beteiligte Messtechnik: Klassischerweise erfüllt sie auf einem Entwicklungsprüfstand die Aufgabe, die Funktion etwa einer mechatrischen Komponente zu verifizieren und optimieren. Oft ist diese jedoch erst eingebettet in einer Systemumgebung „lebensfähig“ und sinnvoll testbar, bestehend aus Komponenten, die ihrerseits noch gar nicht real verfügbar sind. Um trotzdem möglichst frühzeitig zu verwertbaren Ergebnissen und letztlich ausgereiften und zuverlässigen Produkten zu kommen, erwächst die Notwendigkeit, Messsysteme mit Fähigkeiten der Echtzeitsimulation zu ergänzen, die diese Lücke schließen: notwendige aber real fehlende Komponenten oder Funktionen werden durch Simulationsmodelle nachgebildet.

#### Prinzip des HiL Prüfstandes



#### Reale Prozessgrößen fließen in die Simulation

Gespeist wird die Simulation mit realen Prozessgrößen bzw. Messdaten. Das errechnete System- oder Umwelt-Verhalten wiederum wird dann physikalisch nachgebildet durch äquivalente Ausgangsgrößen wie etwa analo-

ge Spannungen, angesteuerte Aktuatoren, Feldbus-Kommunikation oder Steuersignale, die in den Prozess eingespeist werden und mit dem Prüfling interagieren. So wird die Schleife („Loop“) geschlossen, innerhalb derer die zu testende „Hardware“ mit ihrer Umwelt in gegenseitiger Wechselwirkung steht, als „Hardware-in-the Loop (HiL)“.

Simulation kann dabei entweder einzelne fehlende Teile eines sonst kompletten realen Systems ersetzen, oder aber eine umfassende virtuelle Umgebung für eine isolierte reale Komponente herstellen. Üblich ist auch, dass das eigentliche Entwicklungsobjekt, das Simulationsmodell selbst ist, etwa wenn Steuergeräte-Algorithmen unter Echtzeitbedingungen real zu testen und optimieren sind, natürlich unter Einbeziehung einer Vielzahl von zu beobachtenden realen Größen, durch ein Messsystem als „neutraler Beobachter“. Nun ist dieser methodische Ansatz, wenn auch technisch anspruchsvoll, nicht gänzlich neu, er wird z.B. in der Steuergeräte-Entwicklung bereits seit Jahren intensiv verfolgt und ist dort gut verankert.

Neu ist hingegen die Tendenz, dieses mächtige

„Werkzeug“ aus der Nische der hochspezialisierten Experten-Systeme zu „befreien“, es durch Integration in universelle Messsysteme für einen

breiteren Anwenderkreis nutzbar und einfach beherrschbar zu machen. Damit erfährt diese moderne Entwicklungsmethodik einen gewichtigen Akzeptanz-Schub und erschließt sich gegenwärtig ganz neue Anwendungsfelder. Besonders in Anwendungen, die eine Vielzahl unterschiedlichster zu messender physikalischer Größen und Sensoren einbeziehen, erweist sich die überlegene Flexibilität und Effi-

zienz eines Ansatzes, der ein universelles konfigurierbares Messsystem zugrunde gelegt und durch integrierte HiL-Funktionalität erweitert. So können vom Datenaustausch über exakte Zeit-Synchronisierung bis hin zu Konfigurations-Management, Datenanalyse und Dokumentation der Ergebnisse die Anforderungen beider Funktionen optimal verschmolzen werden.

### Messtechnik und Simulation vereint

Das imc CRONOScompact ist ein solches modular individuell anpassbares Messsystem, das durch ein HiL-Modul erweitert werden kann. Dieses stellt einen dedizierten Prozessor zur Verfügung, der direkt in das Messsystem eingebettet ist, dieses jedoch nicht zusätzlich belastet. Er hat direkten Echtzeit-Zugriff auf die Datenaufnahme, und kann somit voll synchron und ohne zusätzliche Latenzen die Messdaten als Eingangsgrößen der Simulation verwenden sowie simulierte Ausgangsgrößen zurück zu speisen. Diese werden direkt im System, das sogar als autarkes mobiles Gerät arbeiten kann, in analoge Ausgangsspannungen, digitale Steuersignale oder Feldbus-Nachrichten umgesetzt. So wird jeglicher Transfer oder Datenaustausch mit einem externen Simulationssystem, etwa einem PC, vermieden und das System bleibt autark und mobil.



Abb. 3: imc CRONOScompact: universelles modulares Messsystem mit HiL-Erweiterung (eingebetteter Simulations-Prozessor)

Der Simulationsprozessor führt unter Kontrolle eines DOS-basierten Echtzeit-

Betriebssystems die Simulationsmodelle aus, die in Form fertig kompilierten Codes direkt mit der Systemkonfiguration geladen werden. Als Basis für die Modelle findet Matlab/SIMULINK® von MathWorks® Verwendung. Dieses Simulations-Werkzeug hat sich als verbreiteter Standard in der Industrie etabliert. So kann in vielen Fällen auf bereits vorhandene, direkt wiederverwendbare Modelle zurückgegriffen werden und der Prozess der Modell-Erstellung ist weitgehend entkoppelt. Sie kann auf unabhängigen PCs stattfinden, durch andere Experten und Abteilungen und selbst mit Software-Lizenzen, die für die Simulationsausführung am HiL-Prüfstand gar nicht erforderlich sind. Lediglich die Schnittstellendefinition, also die einfache Zuordnung von Mess- und Ausgabe-Kanälen des Geräts zu den Ein- und Ausgängen der Simulation, ist auf dem Messsystem vorzunehmen.

### Typische Anwendung: Fahrdynamik-System im KFZ

Eine typische Anwendung die mit diesem System erfolgreich realisiert wurde, bestand in Entwicklung und Test eines Fahrdynamik-Systems im Fahrzeug (ESP, ABS). Dazu waren die zentralen Steuerventile des Bremssystems auf einem Entwicklungsprüfstand bzw. in einer Klima-Kammer unter wechselnden Bedingungen zu untersuchen. Das Messsystem hatte dabei eine Vielzahl von Größen zu erfassen, wie Drücke, Durchflüsse und Volumenströme, Spannungen, Ströme und Temperaturen, sowie zusätzlich Kommandos und Daten über CAN-Bus zur Kommunikation mit der beteiligten ECU. Die integrierte HiL-Komponente übernahm eine Gesamtsimulation des Fahrdynamik-Systems, zu dem auch die Regler-Implementierung des ABS gehört, die dabei zu optimieren war. Die Simulation erfasste Größen wie Radgeschwindigkeiten, Bremsdrücke, Eigenschaften des Fahrbahn-Untergrunds, Reibwerte usw.

Die relevanten Ausgangsgrößen der Simulation wurden dann über Analog-Ausgänge wieder in reale physische Spannungen umgesetzt und über PWM-Leistungsstufen direkt die Ventile als primäres Hardware-Objekt angesteuert.

Besondere Bedeutung kam hier der direkten, auch interaktiven Beeinflussung bzw. Parametrierung der Modelle zu. Gerade im Live-Einsatz mit realer Hardware unter Echtzeitbedingungen ist es unabdingbar, im laufenden Betrieb den Einfluss von geänderten Modellparametern direkt verfolgen zu können, also nicht etwa durch Laden eines anderen Modells, sondern durch Justierung zur Laufzeit – von einem Zyklusschritt zum nächsten.

Das imc CRONOScompact System unterstützt dazu Modelle mit „tunable“ Parametern, die

interaktiv variiert werden können. So konnten die mit Simulink modellierten Regler-Algorithmen zur Laufzeit komfortabel angepasst und optimiert werden, durch unmittelbare Beobachtung ihres Einflusses in den Messwerten.

### Fazit

Echtzeitsimulation als integraler Bestandteil moderner Messsysteme ist ein aktueller Trend: Durch nahtlose und schrittweise Einbeziehung von HiL-Methoden gewinnen Messen und Testen im Entwicklungsumfeld eine ganz neue Qualität.

Autor:

Dipl.-Ing. Martin Riedel, imc

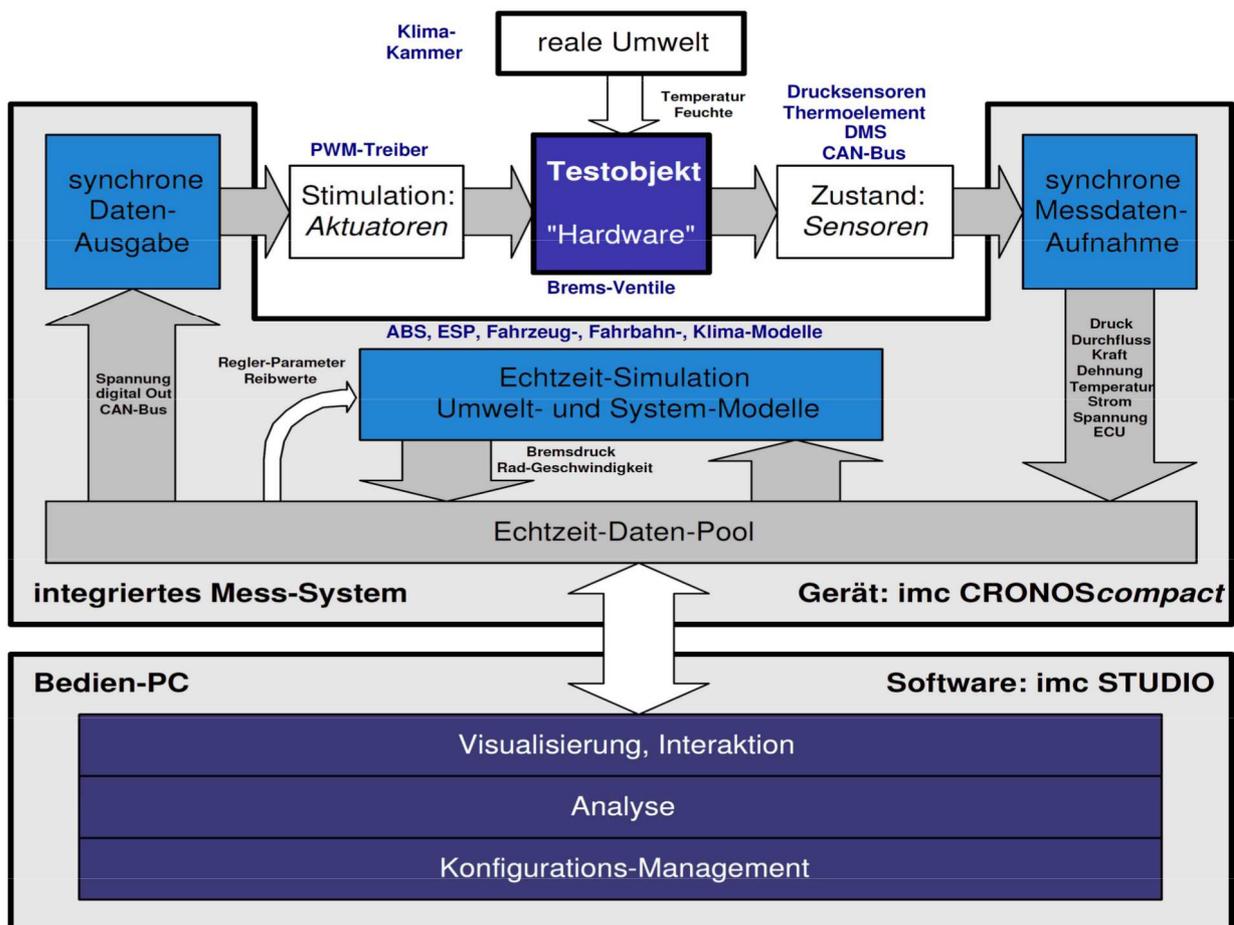


Abb. 4: HiL-Anwendung: Test eines Fahrdynamik-Systems

## Weitere Informationen erhalten Sie unter:

### imc Test & Measurement GmbH

Voltastr. 5  
D-13355 Berlin

Telefon: +49 (0)30-46 7090-0  
Fax: +49 (0)30-46 31 576  
E-Mail: [hotline@imc-tm.de](mailto:hotline@imc-tm.de)  
Internet: <http://www.imc-tm.de>

Die imc Test & Measurement GmbH ist Hersteller und Lösungsanbieter von produktiven Mess- und Prüfsystemen für Forschung, Entwicklung, Service und Fertigung. Darüber hinaus konzipiert und produziert imc schlüsselfertige Elektromotorenprüfstände. Passgenaue Sensor- und Telemetriesysteme ergänzen unser Produktportfolio.

Unsere Anwender kommen aus den Bereichen Fahrzeugtechnik, Maschinenbau, Bahn, Luftfahrt und Energie. Sie nutzen die imc-Messgeräte, Softwarelösungen und Prüfstände, um Prototypen zu validieren, Produkte zu optimieren, Prozesse zu überwachen und Erkenntnisse aus Messdaten zu gewinnen. Rund um die imc Geräte steht dafür ein umfassendes Dienstleistungsspektrum zur Verfü-

gung, das von der Beratung bis zur kompletten Prüfstandsautomatisierung reicht. Auf diese Weise verfolgen wir konsequent das imc Leistungsversprechen „produktiv messen“.

National wie international unterstützen wir unsere Kunden und Anwender mit einem starken Kompetenz- und Vertriebsnetzwerk.

Wenn Sie mehr über die imc Produkte und Dienstleistungen in Ihrem Land erfahren wollen oder selbst Distributor werden möchten, finden Sie auf unserer Webseite alle Informationen zum imc Partnernetzwerk:

<http://www.imc-tm.de/partner/>



### Nutzungshinweis:

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Dieser Bericht darf ohne Genehmigung weder bearbeitet, abgewandelt noch in anderer Weise verändert werden. Ausdrücklich gestattet ist das Veröffentlichende und Vervielfältigen des Dokuments. Bei Veröffentlichung bitten wir darum, dass der Name des Autors, des Unternehmens und eine Verlinkung zur Homepage [www.imc-tm.de](http://www.imc-tm.de) genannt werden. Trotz inhaltlicher sorgfältiger Ausarbeitung, kann dieser Bericht Fehler enthalten. Sollten Ihnen unzutreffende Informationen auffallen, bitten wir um einen entsprechenden Hinweis an: [marketing@imc-tm.de](mailto:marketing@imc-tm.de). Eine Haftung für die Richtigkeit der Informationen wird grundsätzlich ausgeschlossen.