

NANOMETER UND KILONEWTON – HOCHPRÄZISE REGELUNG VON LINEARMOTOREN

# Testen bis es kracht

Viele Produkte durchlaufen vor der Marktzulassung aufwändige Prüf- und Zertifizierungsprozesse. Ein Kernpunkt ist oft die mechanische Prüfung, bei der Materialeigenschaften und Langlebigkeit untersucht werden. Dazu müssen definierte Kraftbeziehungsweise Wegprofile mit hoher Präzision im Nanometerbereich auf die Probe appliziert werden.



**Bild 1: Mit Universalprüfsystemen werden Produkte, Komponenten und Materialien präzise mechanisch untersucht.**

(Bilder: Thelkin)

Produkte, Komponenten und Materialien für die Medizintechnik, Luft- und Raumfahrt oder Mikroelektronik müssen, bevor sie auf den Markt gebracht werden, unter anderem mechanische Tests durchlaufen. Unter Einhaltung von offiziellen oder internen Normen und Prüfvorschriften werden die mechanischen Produkt- und Materialprüfungen auf sogenannten Universalprüfmaschinen (Bild 1) durchgeführt.

Hohe Präzision und Dynamik sind hier gefordert. Gleichzeitig ist es ein wichtiges Ziel jedes Prüflabors, den Gesamtaufwand der Testungen zu minimieren. Hierunter fallen insbesondere Wartung und Service, aber auch die Bereitstellung der notwendigen Infrastruktur. Traditionell wurden mechanische Prüfmaschinen hydraulisch oder pneumatisch betrieben mit entsprechend hohen Kosten für Ausrüstung und Instandhaltung.

**Elektronik ersetzt Hydraulik und Pneumatik.** Eine neue Generation von Prüfsystemen basiert auf servo-elektrischen Linearantrieben (Bild 3). Der Motor setzt sich aus den bei-

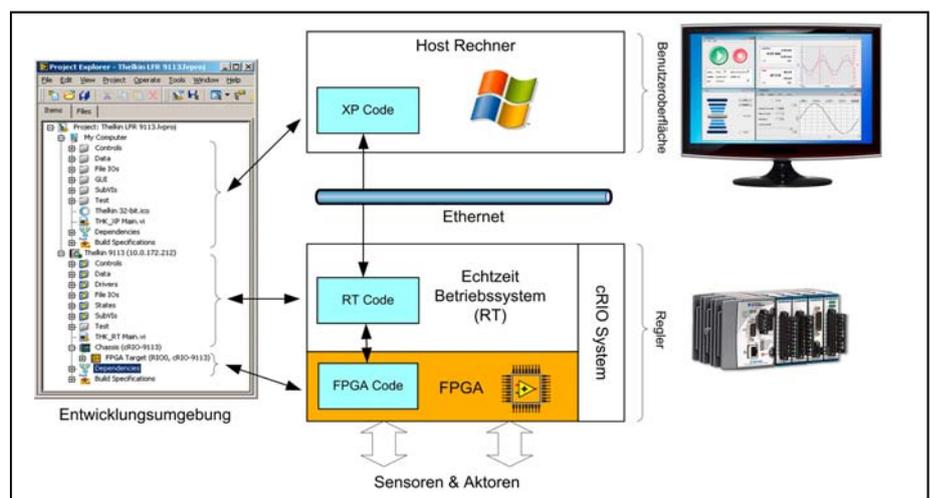
den Teilen Läufer und Stator zusammen. Der Läufer wird von einem längs im Stator erzeugten bewegten Magnetfeld über die Fahrstrecke gezogen. Im Stator befindet sich neben den Motorwicklungen auch die Lagerung für den Läufer. Die Linearbewegung wird ohne Zwischenschaltung von Getrieben, Spindeln oder Riemen erzeugt, was sich positiv auf Stand- und Verschleißfestigkeit des Systems auswirkt. Als Bindeglied zwischen Steuerung und Antrieb dient ein Verstärkermodul. Seine Aufgabe ist es, das Sollwertsignal der Steuerung in ein Leistungssignal für den Linearmotor umzu-

wandeln. Diese rein elektrische Technologie ist im Gegensatz zu traditionellen Antrieben wartungsarm, energieeffizient und leise. Es werden weder hydraulische noch pneumatische Zusatzaggregate benötigt, was den Aufwand an Infrastruktur minimiert.

**Standardkomponenten steuern und regeln mit 50 µs Zykluszeit.** Die Regelung und Steuerung eines mechanischen Prüfsystems muss

vielschichtige Anforderungen erfüllen. Neben einer präzisen und zuverlässigen Regelung ist für den sicheren Einsatz auch eine Echtzeit-Zustandsüberwachung erforderlich. Hierzu bedarf es einer entsprechenden schnellen und echtzeitfähigen Hardware-Plattform. Für das servo-elektrische Prüfsystem der Thelkin AG kommt ein cRIO-System von National Instruments (Bild 3 links) mit Embedded-Echtzeitprozessor und einem Field Programmable Gate Array (FPGA) zum Einsatz. Die Bedienung und Visualisierung läuft auf einem konventionellen Rechner mit Windows-Betriebssystem (Bild 2). Beide Computer werden über Ethernet miteinander synchronisiert.

Das cRIO ist ein rekonfigurierbares Steuer-, Regel- und Erfassungssystem für Anwendungen, die eine hohe Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit erfordern. Das System



**Bild 2: Die Bedienung und Visualisierung läuft auf einem konventionellen Rechner mit Windows-Betriebssystem.**

## INFOS

Sotronik GmbH  
8406 Winterthur  
Tel. 052 260 57 57  
info@sotronik.ch  
www.sotronik.ch  
www.thelkin.com



**Bild 3:** Das cRIO-System (links) steuert über einen Verstärker den Linearmotor.

bietet eine offene Architektur bei gleichzeitig kompakter Grösse und extrem hoher Robustheit. Für die Steuerung des Lastrahmens wurde der Vorteil der hohen Leistungsfähigkeit der rekonfigurierbaren I/O-FPGA-Technologie für die Regelaufgaben in Anspruch genommen. Dank der hohen Taktrate (40 MHz) und dem zeitlich deterministischen Verhalten des FPGAs (kein Betriebssystem) können die Regler mit einem sehr kleinen Jitter und einer tiefen Zykluszeit (50  $\mu$ s) ausgeführt werden.

Als Resultat bietet das Prüfsystem eine genaue Kraft- und Wegregelung bei hoher Dynamik (bis 5 m/s und 200 m/s<sup>2</sup> beziehungsweise 20 g). Bei einer optionalen Wegauflösung von 1 Nanometer (entspricht etwa 1:100000 eines menschlichen Haares) lassen sich Prüfprofile (Rampe, Rechteck, Sinus) im Nanometerbereich abfahren. Gleichzeitig lassen sich Kräfte bis 5 kN erzeugen, sodass auch grössere Bauteile mechanisch geprüft werden können.

#### FPGAs ohne eine Zeile Code programmieren.

Ein weiterer Vorteil beim Einsatz eines cRIO-Systems liegt in der Programmierung. Die Benutzeroberfläche, das Programm auf dem Echtzeit-Controller und der Code auf dem FPGA-Chip werden mit der gleichen Entwicklungsumgebung erstellt (LabView). Für das Entwickeln des FPGA-Codes sind keine VHDL-Kenntnisse erforder-

lich. Der Code der drei Zielsysteme ist in einem einzigen Projekt organisiert. Die Entwicklungsumgebung stellt dabei verschiedene Kommunikationsmöglichkeiten zwischen den Systemen zur Verfügung und vereinfacht dadurch die Systemintegration erheblich.

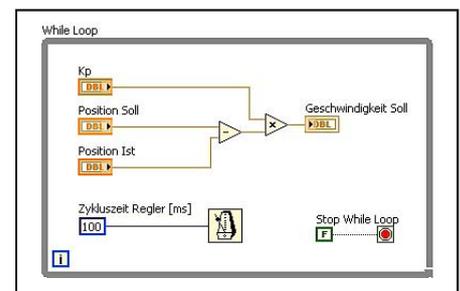
LabView ist eine grafische Programmierumgebung. Es werden intuitive grafische Symbole eingesetzt und miteinander verbunden, sodass ein Flussdiagramm entsteht (Bild 4). Es lassen sich anspruchsvolle Mess-, Steuer- und Regelsysteme entwickeln. LabView bietet zahlreiche integrierte Bibliotheken für unterschiedliche Anwendungen. Die LabView-Plattform hat sich über die Jahre zu einem Industriestandard entwickelt und kann mit verschiedenen Ziel- und Betriebssystemen eingesetzt werden.

#### Faserverbundwerkstoffe sorgen für Stabilität.

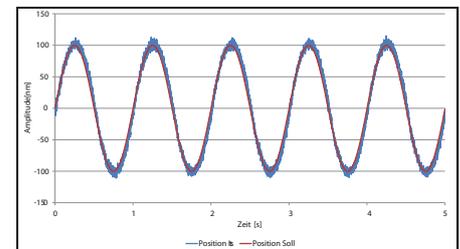
Für eine hochpräzise Regelung sind entsprechende konstruktive Massnahmen erforderlich. Die Kraft übertragenden Elemente des Lastrahmens müssen, je nach Funktion, auf Steifigkeit und Gewicht hin optimiert werden, um die Eigenfrequenz des Systems zu erhöhen. Deshalb kommen moderne Werkstoffe, insbesondere Faserverbundwerkstoffe, zum Einsatz. Die Wahl dieser Materialien kombiniert schwingungsdämpfende Eigenschaften mit einer Mini-

mierung der möglichen Wärmeausdehnung. Das Gewicht für das Tischsystem bleibt im angemessenen Rahmen bei sehr hoher axialer und torsionaler Steifigkeit.

Die Kombination der servo-elektrischen Antriebstechnologie mit einem steifen konstruktiven Aufbau führt bei der hier vorgestellten neuen Generation von Prüfsystemen zu einem breiten Leistungsspektrum. Dynamische Verfahrenswege mit einer Auflösung im Nanometerbereich können mit Kräften von bis zu 5 kN appliziert werden (Bild 5). Damit öffnet sich ein weiterer Einsatzbereich der mechanischen Bauteilprüfung – von der Mikroelektronik über die Untersuchung von Medizinprodukten bis hin zu der allgemeinen Bauteil- und Materialprüfung. ■



**Bild 4:** Mit der grafischen Programmierumgebung LabView lassen sich anspruchsvolle Mess-, Steuer- und Regelsysteme entwickeln.



**Bild 5:** Sinusprofil eines Tests mit einer Amplitude von 200 nm und Frequenz 1 Hz. Im Massstab der Grafik wäre ein menschliches Haar 16,5 m dick.