

Hexamove – Bewegung leicht gemacht

Alles aus einer Hand – Antrieb, Elektronik und Software



PRÜFEN
MESSEN
POSITIONIEREN
SIMULIEREN



Geschätzte Kunden, Partner und Interessierte

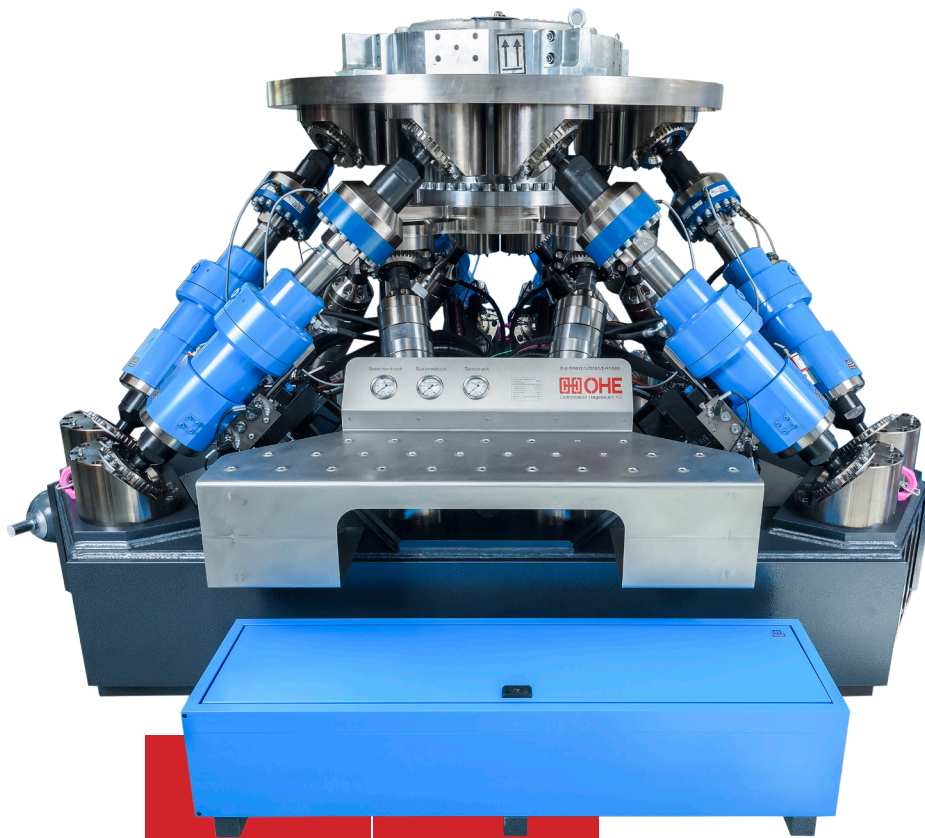
Mit dem Thema Hexapod beschäftigen wir uns mittlerweile seit bald 30 Jahren. Für uns begann die Geschichte rund um die Hexapoden im Zusammenhang mit „Motion-Kinos“ - , in denen sich die Sitze synchron zum Film bewegen. Damals war das eine tolle Neuheit! Zusammen mit einem Kunden konnten wir weltweit eine Vielzahl von Anlagen mit hunderten Motion-Plattformen installieren.

Die Steuerungstechnik steckte damals aber noch in den Kinderschuhen und so wagten wir uns an die anspruchsvolle Aufgabe, diese zu modernisieren und mit neuester Technologie den Hexapoden auch für andere Anwendungsfelder zu erschliessen. Entstanden sind daraus unterdessen viele Prüf-, Montage-, Robotik- sowie Simulationssysteme in verschiedensten Bereichen.

Als Hersteller von kompletter Systemtechnik, schlüsselfertig mit Hydraulik, Elektrik, Regelungstechnik und Software, stellen die Hexapoden sozusagen die Königsdisziplin dar. Wir freuen uns, Ihnen auf den folgenden Seiten die Technik vorzustellen und Sie hoffentlich zu inspirieren.

Heinrich Hagenbuch





H 1

1 Kalibrierprüfstand bis 50 kN

Dieser Prüfstand eröffnet komplett neue Anwendungsgebiete. Die Steuerung regelt Kräfte und Momente in einem beliebigen Bezugspunkt im Werkstück. Dieses wird entweder auf der Oberseite eingespannt oder zwischen der bewegten Plattform und dem inneren Rahmen. Das Gerät erreicht eine erstaunliche Präzision und die 6 parallelen Antriebe entwickeln sehr hohe Kräfte. Die Messtechnik muss dabei nicht kompliziert am Prüfling angebracht werden, sondern ist fest in die Antriebsachsen integriert.

Hexapoden für Prüfstände

Prüfanlagen mit Hexamove

Das Hexamove-System hat sich als ideales Antriebskonzept für Prüfstände erwiesen. Je nach Aufgabe lassen sich die Antriebe in den verschiedensten Geometrien anordnen und in unterschiedlichen Größen bauen. Die Prüfstände zeichnen sich durch hohe Präzision, hohe Dynamik und enorm viel Flexibilität aus.

Bei Hexapoden sind zwei Plattformen durch sechs Antriebe verbunden. Eine Plattform ist fest verankert, die andere wird kontrolliert bewegt. Dies ermöglicht mehrere Varianten

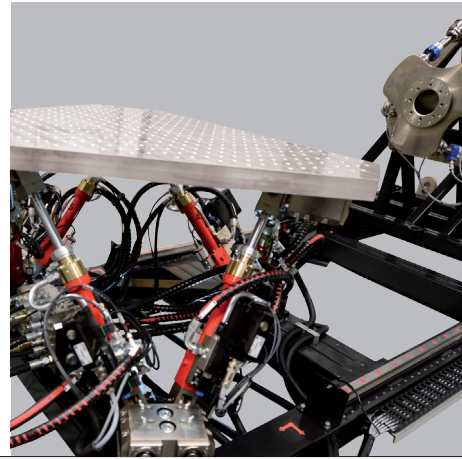
für Prüfstände, wobei wahlweise jeweils die Position oder die Kraft (Drehmoment) geregelt wird. Die einzelnen Freiheitsgrade können dabei sogar gemischt in Position oder Kraft kontrolliert werden. Die vielseitige Software- und Steuerungs-Architektur ermöglicht die einfache Integration von weiteren Achsen und Messaufgaben.

H **Hydraulisch**

E **Elektrisch**

2 Hexamove mit integriertem Shaker

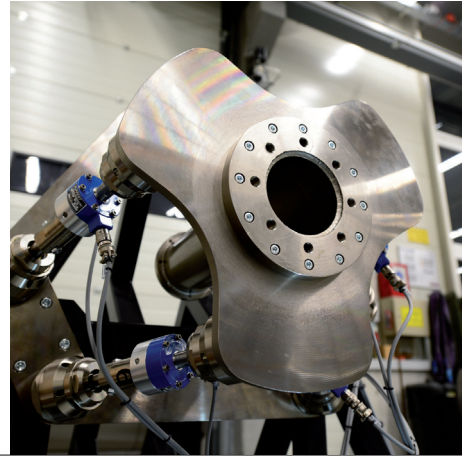
Diese Anlage ist eigentlich ein 7dof System. Der Hexapod lässt sich mit der bewegten Aufspannplatte horizontal auf einem Maschinenbett verstellen. Dadurch lassen sich Prüflinge verschiedener Grössen zwischen einem horizontalen Shaker und dem Hexapoden einspannen. Während der Hexapod in alle Richtungen die grösseren Bewegungen und Rotationen kontrolliert, kann der Shaker Bewegungen mit Frequenzen bis zu 500 Hz und hohen Beschleunigungen erzeugen.



H 2

3 6-DOF Kräfte- und Momente-Messung - Automotive-Industrie

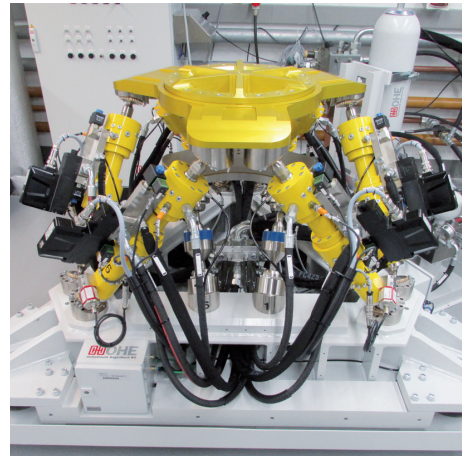
Ein zweiter, nicht bewegter Hexapod zur sehr präzisen Messung von Kräften hat sich bereits in einer Reihe von anderen Anwendungen bewährt. Meistens war die sog. Referenz-Hexapode dabei in der Haupt-Hexapode eingebaut. Bei dieser Anwendung wurde das anders gelöst: die Referenz-Hexapode zur Messung ist auf einem verstellbaren Schlitten seitlich des Prüfstandes montiert. So können auch grössere Messaufbauten sehr flexibel realisiert werden. Die Messung ist sehr präzise und neue Software erlaubt auch das Ermitteln von Kennlinien sowie Übertragungsfunktionen. Neben dem Messen kann die Hexapode aber auch nach den Kräften/Momenten geregelt werden.



H 3

4 Prüfen von Motorenlagern

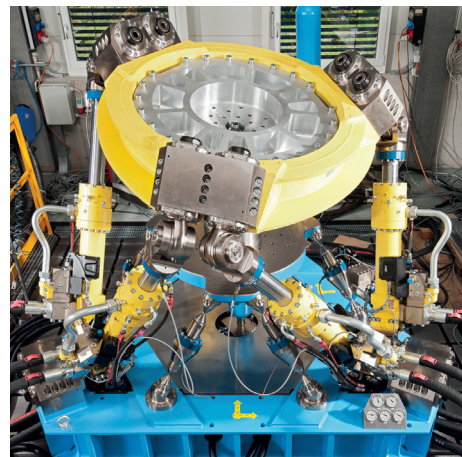
Motorenlager in Fahrzeugen sind heute nicht mehr einfach nur Federn, sondern hochwertige Bauteile mit eingebauter Intelligenz um die Dämpfungseigenschaften auf die aktuelle Situation einzustellen. Dieser Prüfstand ermöglicht die Simulation von verschiedensten Umgebungsbedingungen. Eine weitere Hauptfunktion ist auch die Bestimmung von Transferfunktionen mit Sweeps. Dazu werden auch die übertragenen Kräfte mit einem zusätzlichen Referenz-Hexapoden gemessen.



H 4

5 Komponenten-Test für die Bahntechnik

Ein führender Hersteller von Eisenbahn-Rollmaterial setzt die Hexamove-Technologie ein, um Einzelteile oder ganze Baugruppen zu prüfen. Der Prüfstand erstellt vollautomatisch Kraft-Weg-Kennlinien von Bauteilen in allen Freiheitsgraden und unter verschiedenen Lasten. Als dynamische Bauteilprüfung simuliert der Prüfstand ausserdem die rauen Einsatzbedingungen für das Rollmaterial.



H 5

6 Prüfmachine für Felgen beim Fraunhofer Institut LBF

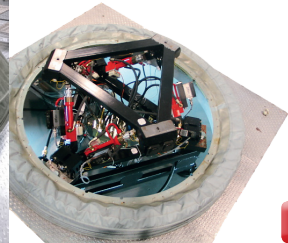
Diese Anlage bietet die Möglichkeit, die Translations- und Rotationsbewegung für jede Achse separat zu definieren und zu prüfen, ob die Kräfte oder Wege geregelt werden müssen. Die Steuerung deckt damit vielseitige Bereiche ab. In der illustrierten Anwendung wird die Felgen-Kraft geprüft, indem das Rad in der Trommel gegen die Schultern gedrückt wird. Dadurch lassen sich die Seitenlast und der Anpressdruck regeln sowie die Schrägstellung des Rades durch Winkelvorgabe kontrollieren. Das gewährleistet komplette und realistische Prüfabläufe.



H 6

7 Fahrkomfort-Untersuchungen mit Hexapod-Simulator

Das Hexamove-System bildet Beschleunigungs-Messdaten im Labor nach. Im bemannten Betrieb wird so der Fahrkomfort mit unterschiedlichen Fahrzeugsitzen beurteilt. Dazu werden unterschiedliche Messdaten verwendet wie z. B. von schwierigen Fahrbahnprofilen als auch von typischen Strassenverhältnissen. Die Messdaten werden mit einem Motion-Cueing für die Simulation aufbereitet und mit der Software HexVideoPlayer synchron zu den Bewegungen nachgebildet.

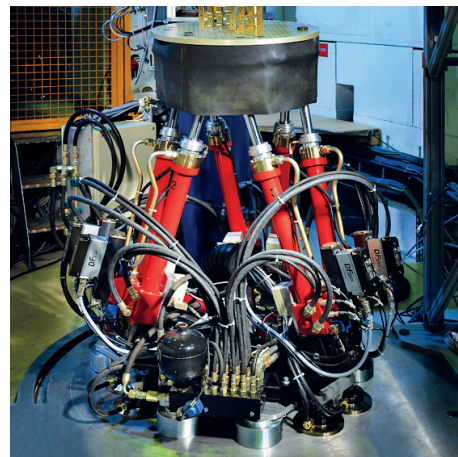


H 7

8 6 DOF-Präzisionspositionierung bei ILL Frankreich

Der abgebildete Hexapod dient als Robotik-System für die Handhabung von Bauteilen bis zu 1'000 kg. Die Teile beliebiger Form und Grösse werden mit einer Wiederholgenauigkeit von +/- 0,01 mm in einem Neutronenstrahl positioniert. Diese Untersuchungsmethode ermöglicht erstaunliche Schlussfolgerungen über die Materialien bis hin zu den kristallinen Strukturen – und das ohne den Prüfling zu berühren oder zu zerstören.

(Quelle: freundlich genehmigt von ILL, Institut Laue-Langevin, France)



H 8

9 Motion-Plattformen auf Fahrzeugen

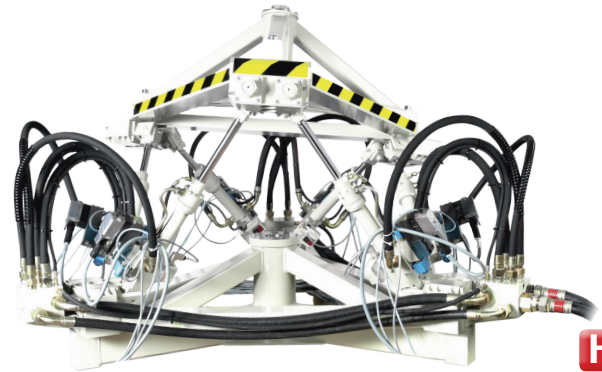
Die aufgesetzte Motion-Plattform ist genau genommen ein Tripod und kein Hexapod. Trotzdem baut die Steuerung auf dem gleichen Software-Kern auf wie bei den Hexapoden. Eine Besonderheit der Anlage ist, dass das Bewegungsprogramm über den Weg interpoliert wird und nicht über die Zeit. Führt das Fahrzeug langsamer, dann wird auch die Motion langsam und entsprechend bei höherer Geschwindigkeit intensiver. Verschiedene Kalibrierstellen sorgen dafür, dass auch bei abgenutzten Rädern die Motion immer an der richtigen Stelle ausgelöst wird.



H 9

10 Hochdynamischer Real-Motion-Simulator für Fahrzeugkomponenten

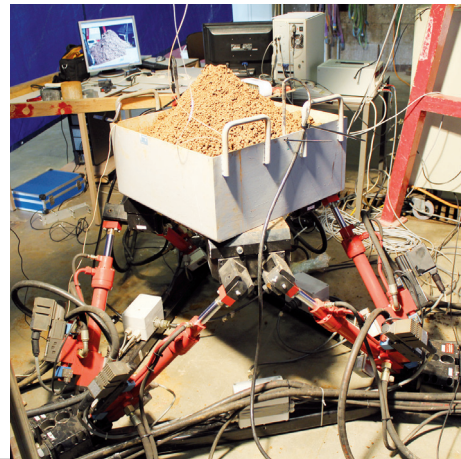
Das Hexamove-System ist mit einer speziellen Werkstückaufnahme ausgerüstet. Damit lassen sich Kompensatorelemente von Fahrzeug-Abgasanlagen einspannen. Die Prüfanlage fährt Drive-Files ab, die man zuvor am realen Fahrzeug gemessen hat. Um möglichst realistische Prüfbedingungen zu schaffen, wird der Prüfling auf bis zu 900 Grad aufgeheizt.



H 10

11 Forschung für die Hochsee

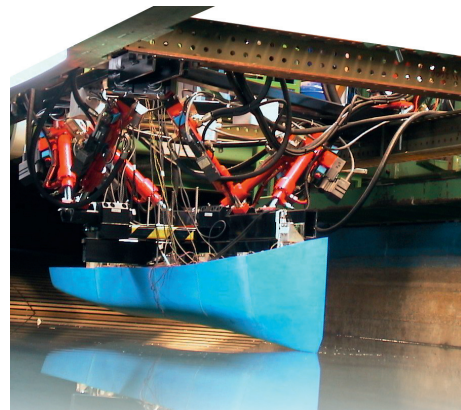
Eine besondere Anwendung stellen die Forschungsarbeiten bei dieser Anwendung dar. Der Hexapod simuliert Schiffsbewegungen wobei Aspekte wie Krängung durch asymmetrische Zuladung, Rollen durch Seegang als auch Vibration kombiniert betrachtet werden können. Verschiedenste Güter, Stoffe oder auch Flüssigkeiten zeigen dabei ganz unterschiedliche Verhaltensmuster und bewirken auch unterschiedliche Rückkopplungen mit dem Schiff. Ziel der Untersuchung ist es die Schifffahrt für Mensch und Umwelt noch sicherer zu machen.



H 11

12 Hexapod für Strömungsuntersuchungen

Entgegen herkömmlichen Schleppkanälen wird hier nicht das Wasser, sondern das Modell eines Schiffskörpers bewegt. Das heisst, man misst die Reaktionskräfte während der Bewegung am Modell. Das Messsystem ist dabei vollständig in die Steuerung integriert.



H 12

13 LKW-Spiegelsysteme auf dem Prüfstand

Eine typische Shaker-Anwendung: Ein führender Hersteller von LKW- und Bus-Spiegelsystemen setzt auf die Flexibilität des 6DOF-Hexamove-Systems für die Prüfung der Spiegelsysteme. Unter Sinus-Belastungen oder Drive-Files müssen die komplexen Spiegelsysteme inkl. Stellmotoren und Elektronik die Qualität bei Langzeittests beweisen. Besonders interessant: Auch wenn nicht alle 6 Freiheitsgrade genutzt werden, reduziert das System Kosten, da die Einrichtzeiten reduziert werden können.



H 13



Robotik - Positionieren mit Hexamove

Positionieranlagen von Hexamove

Die Parallelkinematik bietet hervorragende Eigenschaften für die Robotik. Auf Grund der parallelen Antriebe und eines optimalen Verhältnisses von bewegter Eigen- zu Nutzmasse lassen sich auch grosse Nutzlasten sehr präzise bewegen.

Der Hexamove-Kernel ist so konzipiert, dass dieser auf beliebige Parallelkinematik-Strukturen angepasst werden kann. Die konsequente Umsetzung von Koordinatensystemen und die grosse Anzahl von Steuerungsfunktionen eröffnen viele Anwendungsfelder.



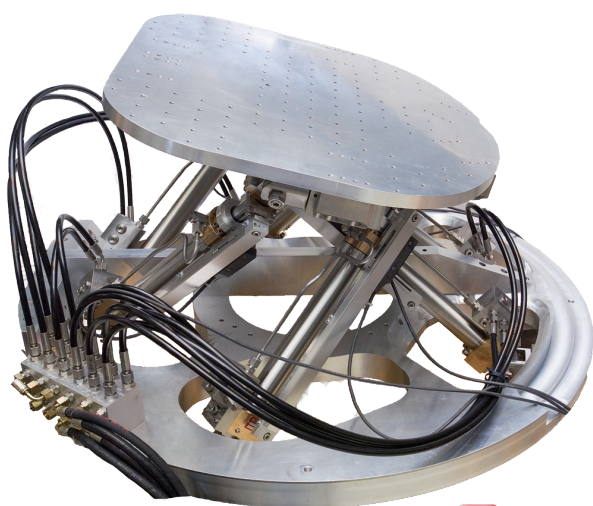
E 1

1 Robotic-System mit Elektroantrieb

Komplexe Produktionslinien wie in der Luft- und Raumfahrtindustrie erfordern eine genaue Positionierung der Teile, welche zu einem Endprodukt montiert werden müssen. Mit diesem elektrischen Hexapod werden die gewünschten Aufgaben exakt erfüllt. Der Prozess erfordert eine Bewegung entlang einer vollständig gekrümmten Kurve, deren Länge etwa 200 mm beträgt und die eine Genauigkeit von einem Mikrometer aufweist. Darüber hinaus werden die Hexapod-Kraftmesssysteme zur Erkennung von Kontakt zwischen den Teilen verwendet, führen die gewünschte Druckbelastung aus und gleichen unerwünschte Spannungen aus. Sobald die Teile geklebt sind, ist der Hexapod verantwortlich für die Lieferung der montierten Teile an die nächsten Phasen der Produktionslinie.

2 Präzisions-Positionierung in Extrem-Magnetfeldern

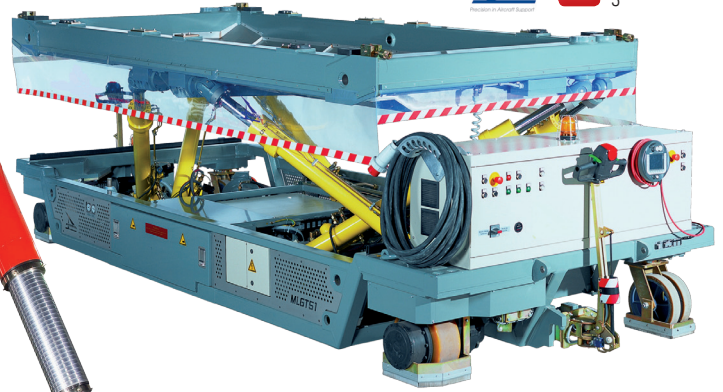
Dieser spezielle Hexapod wurde für Messungen mit Neutronenstrahlen in extrem starken Magnetfeldern entwickelt. Das Gerät ist komplett aus Edelstahl und Aluminium gefertigt. Die Unempfindlichkeit der Hydraulikflüssigkeit gegenüber Magnetfeldern erweist sich hier als grosser Vorteil. Trotz der separaten Installation von Antrieb und Servoventil erreicht das Gerät bei hohen Nutzlasten von bis zu 500 kg sehr gute Wiederholgenauigkeiten von unter 0.01 mm, bzw. weniger als 0.001 Grad. Beeindruckend sind zudem der Arbeitsraum und die erreichbaren Kippwinkel im Verhältnis zum benötigten Bauraum des Gerätes.



H 2

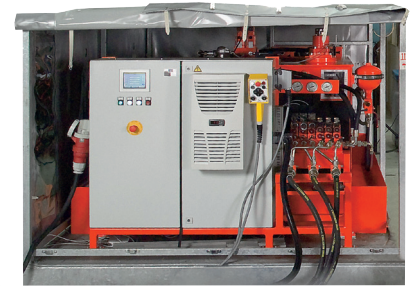
3 Airbus A380: Fahrwerkeinbau

Diese Geometrie für einen Hexapoden wurde speziell auf die Anforderungen des Airbus-Montageplatzes zugeschnitten. Das Gerät ist in eingefahrenem Zustand lediglich tischhoch, kann aber auf bis zu 3 m ausfahren und erreicht grosse Kippwinkel. Und das alles mit einer Wiederholgenauigkeit von 0.02 mm!



4 3-DOF-Hebegerät für Grossraum-Jets

Eingefahren nur 1.7 m hoch, ausgefahren jedoch wird die stattliche Höhe von über 6 m erreicht. Mittels Steuerbirne lässt sich der Heber leicht in allen Translations-Richtungen bewegen. Die Kräfte werden dabei gemessen und auf Wunsch sogar automatisch ausgeglichen, um Überlastungen an Flugzeugen zu vermeiden.



Bündelung von Innovationskraft

Die **Hydro Systems KG** ist ein führender Hersteller von Service-, Montage- und Handling-Geräten für die Luftfahrtindustrie. Bei Projekten mit Parallelkinematik (6 und 3 DOF) freuen wir uns, dass wir als Partner für die Technologie rund um Parallelkinematik gewählt wurden.

5 Mobil und trotzdem präzise....

Drehbar um alle Achsen, verschiebbar in alle Richtungen, eine grosse Hubhöhe und präzise Steuermöglichkeiten - das in Kombination mit einer hohen Traglast von bis zu 2 Tonnen sind die herausragenden Eigenschaften des Mobil-Hexapoden. Das Gerät vereinfacht das Positionieren oder montieren von schweren Nutzlasten in grosser Höhe enorm. Der abgebildete Dumper transportiert Roboter zur automatischen Montage von Solar-Panels an die Startposition auf ein hohes Stahlgerüst. Nach genauem Ausrichten startet der Roboter selbständig und verlegt Solar-Panels in grosser Stückzahl. Der Automatisierungsgrad ist dabei entscheidend für die künftige Reduktion der Kosten alternativer Energiequellen.



6 Elektrische Präzisionsantriebe für die Forschung

Der Hexapod positioniert Werkstücke mit bis zu 300 kg Gewicht mit einer Wiederholgenauigkeit von unter 0.01 mm / 0.001 Grad. Um den Arbeitsraum zu vergrössern, ist unter dem Hexapod im extrem engen Bauraum noch eine Drehachse eingebaut.



Motion, Entertainment und Simulation



Simulationen mit Hexamove

Für den Entertainmentbereich eröffnen die Hexamove-Systeme spannende Möglichkeiten. Dass Hagenbuch die gesamte Technologie selber entwickelt, ist ein besonderer Vorteil und ermöglicht es, auf sehr kundenspezifische Aufgabenstellungen einzugehen.

In vielen Installationen weltweit hat sich die Hexamove-Technologie von Hagenbuch eindrücklich bewährt. Namhafte Kunden wie die Universal Studios in Florida, das Futuroscope in Frankreich oder Lotte-World in Seoul (Südkorea) vertrauen auf die aussergewöhnlichen Leistungen der Hagenbuch-Ingenieure. Ob Einbauten in Fahrzeuge, umfangreiche Sicherheitskonzepte, positions- oder zeitbezogene Motion-Programme oder Motion-Plattformen, die mehrere andere Signale ansteuern sollen – die Hagenbuch-Ingenieure haben die passende Lösung.

Für gesamtkonzeptionelle und anspruchsvolle Anwendungen ist es sehr wichtig, dass sich die Antriebs-Controller optimal in eine übergeordnete Steuerung integrieren lassen. Zusätzlich bietet die Hexamove-Steuerung als Motion-Controller verschiedene Bus-Systeme wie Profibus, Ethernet-IP oder auch Timecodes wie SMPTE zur Synchronisation mit Videoprojektionen an.

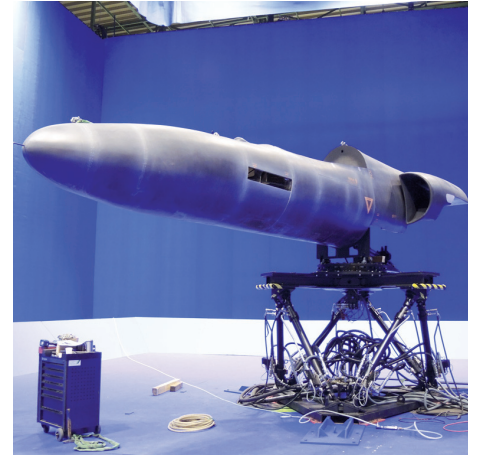
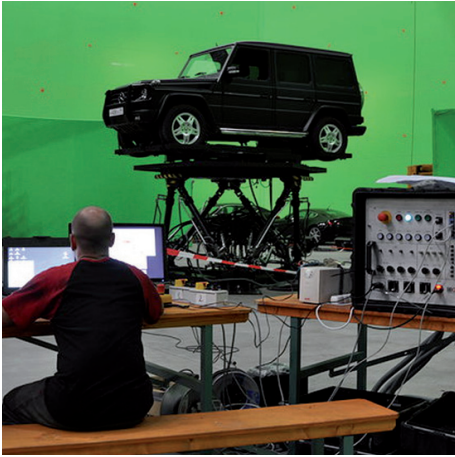
Für die stetig steigenden Sicherheitsanforderungen der Anlagen entwickeln die Hagenbuch-Ingenieure auch umfangreiche Sicherheitskonzepte. Perfekt durchdachte und in die Steuerung integrierte Sicherheitselemente sorgen für einen sicheren Betrieb der Anlage und bringen die Gäste trotz spannendem Spektakel ungefährdet zurück an den Ausgangsort.



1 Hexamove-Simulations-System

Das Hexamove-Simulations-System mit grossem Arbeitsraum und grösstmöglichem Kippwinkel macht aussergewöhnliche Simulationsanwendungen erst möglich. Mit der zusätzlich hohen Traglast bietet die Plattform den Kunden vielfältige Einsatzmöglichkeiten, ob nun mit kompletter Simulationskabine (Bild) oder offen im Raum eingesetzt. Die Simulatoren zeichnen sich durch viel Dynamik aus.

Hexamove – Motion Action für Hollywood



Hexamove für die Filmindustrie

Die Computertechnologie hat die Filmindustrie revolutioniert. Wo jedoch Menschen auf virtuelle Welten treffen, erweitern innovative Motion-Plattformen die Möglichkeiten enorm.

Die Green-Screen-Technik in Kombination mit Motion-Plattformen hat sich heute durchgesetzt, um anspruchsvolle Filmsequenzen im Studio aufnehmen zu können. Dabei unterstützt und beschleunigt die Hagenbuch-Technologie den Software-Entwicklungsprozess, da die ver-

sierten Software-Ingenieure sehr schnell die Ideen von Regisseuren und Filmcrew verstehen und umsetzen können. Viele Filmsequenzen werden vorgängig bereits am Computer simuliert und anschliessend werden die Bewegungsprofile auf die Hexamove-Steuerung übertragen. Dazu kommen oft weitere Special-Effects, die synchron ablaufen müssen oder sogar weitere Antriebsachsen erfordern. Hagenbuch liefert für solche Anwendungen ein mobiles System mit bis zu 12 Servoachsen (Linear- und Dreh-Achsen), die sich flex-

ibel und beliebig zusammenstellen lassen.

Ein Highlight für die Hagenbuch-Techniker war die Unterstützung der Firma Nefzer Special-Effects bei zwei grossen Hollywood-Produktionen: «Cloud-Atlas» mit Tom Hanks und Halle Berry sowie «Die Hard 5» mit Bruce Willis.





Software und Steuerung für Hexamove

Herz des Hexamove-Systems

Erst mit einer leistungsfähigen Steuerung und Software erwacht das Hexamove-System wirklich zum Leben. Um auf die sehr vielschichtigen und individuellen Kundenanforderungen eingehen zu können, wird diese Kernkompetenz komplett eigenständig entwickelt. Nur so ist es möglich, die vielfältigen Wünsche zu erfüllen und jedem Kunden eine massgeschneiderte und technisch hochstehende Lösung zu liefern.

Das Controller-Konzept basiert auf einem sehr leistungsfähigen Master in Kombination mit dem ultraschnellen high-speed Feldbussystem GinLink. Eine 2.2 GHz Power-PC CPU mit 4 cores (eigentlich mit vier Prozessoren) machen die Steuerung enorm flexibel. Die 4 Kerne-Architektur mit hoher Rechenleistung ermöglicht die parallele Verteilung der echtzeit Aufgaben die 4 Einzelprozessoren. So wird die Perfor-

mance optimal genutzt und es resultieren hohe Abstraten für die Regelung. Die Rechenpower ist dabei so hoch, dass Anwendungen mit bis zu 90 zu regelnden Achsen realisiert werden konnten. Der Controller ist somit nicht nur auf die 6 Achsen der Hexapode ausgerichtet, sondern kann auch zusätzliche Antriebe synchronisieren.

Die enorme Flexibilität des Systems wird durch das Feldbussystem GinLink erreicht. Mit bis zu 256 einzelnen Feldbusknoten kann die Steuerung perfekt dezentralisiert und auf die Anwendung angepasst werden.

Controller, Hardware



Die neueste Generation setzt neue Maßstäbe in der Performance für die Echtzeit-Regelung. Das Herz ist eine Power-PC CPU mit 4 Kernen, die mit 2.2 GHz arbeiten. Das Echtzeit-Betriebssystem erlaubt ein wirkliches Multitasking, bei dem die Aufgaben parallel auf die 4 Einzelprozessoren aufgeteilt werden. Das ermöglicht eine absolut synchrone Datenübertragung und Regelung auch bei aufwändigem Signal-Processing.

Der Controller kann neben der Hexapode weitere Zusatzachsen einbinden und synchronisieren, oder alternativ auch mehrere Hexapoden gleichzeitig regeln. Zweiteres ist insbesondere bei komplexen Montageanwendungen nötig oder bei Motion-Kinos mit mehreren Motion-Bases.

Der Master wird mit einer festen IP-Adresse konfiguriert und kommuniziert so mit allen dafür eingerichteten anderen Netzwerkteilnehmern.

Wichtigste Leistungsmerkmale:

- Schnittstellen mit Hilscher: EtherCAT, PowerLink, Profinet, Profibus, CANopen
- CPU Power-PC Prozessor
- Taktrate 2.2 GHz, 4 cores
- Memory: 2 GByte SDRAM, 15 MByte Flash
- Interrupt-Time: 1 bis 16 kHz
- Achsen: bis zu 90

Technische Möglichkeiten:

- Bis zu 12 Servo-Achsen (6 für Hexapod)
- Bis zu 128 analoge Eingänge (+/- 10 VDC, 0 ... 20 mA)
- Bis zu 128 analoge Ausgänge (+/- 10 VDC, 0 ... 20 mA)
- Bis zu 256 digitale Eingänge 24 VDC
- Bis zu 256 digitale Ausgänge 24 VDC, 1A
- Eingänge SSI
- Inkremental-Geber-Eingänge
- Distanzen zwischen Feldbus-Knoten bis zu 50 m möglich
- High-Speed-Datenübertragung
- 1 GBit/s Übertragungsrate
- Zykluszeiten ab 7.8125 us
- Absolut synchrone Datenübertragung
- Topologie: Ring oder Linie
- Reichweite: 100 m pro Bussegment
- Jitter-Time: 16 ns pro Slave
- Protokoll: Gin-Frame over UDP (64000 full-size Ethernet-Frames/s)
- Deterministisch: FPGA-getriebene Datenübertragung unabhängig von der CPU
- Datenübertragung gleichzeitig mit Datentransfer

Der GinLink Feldbus setzt mit der Übertragungsrate von 1 GBit/s neue Maßstäbe für das Motion-Controlling. Die Datenübertragung erfolgt CPU unabhängig durch FPGA's. Dies garantiert tiefste Latenzzeiten und sehr hohe Synchronität zwischen Master und Slaves. Der Feldbus basiert auf erprobter Gigabit-Ethernet-Technologie was maximale Verfügbarkeit für industrielle Anwendungen garantiert.

Software

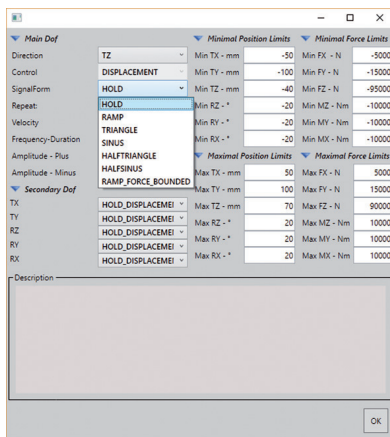
High-Performance-Steuerung

Leistungsfähige Software benötigt eine leistungsfähige Hardware. Die eingesetzte Hexamove-Steuerung ist im Kern ein Echtzeit-Regelboard mit einer Power-PC CPU, viel RAM und vollständiger Netzwerk-Integration.

Ein herausragendes Merkmal dieser Maschinensteuerung ist das sehr schnelle Bus-System mit fast beliebiger Anzahl von Feldbus-Knoten. Das erlaubt, die Anzahl von Schnittstellen für Steuerung, Messung und anderes an alle Aufgaben anzupassen. Wie bei herkömmlichen SPS-Steuerungen können fast alle Arten von Signalen verarbeitet werden, jedoch viel schneller! Sampling-Raten bis zu 16 kHz sind möglich, wobei bei den Hexapoden in der Regel mit 1, 2 oder 4 kHz gearbeitet wird.

Allgemeine Motion-Programmierung

Funktion Generator

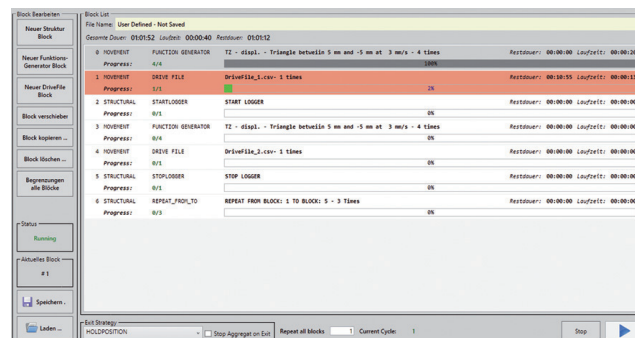


Mit den folgenden Software-Modulen, die das Fundament für die Funktionsmodule bilden, lassen sich die Prüfabläufe durchführen:

Software-Module:

- Bahninterpolation für präzise Positionierung
- Nullpunkt programmier- und direkt anfahrbar
- Positions-Drive-Files mit vielfältiger Möglichkeit zur Online-Parametrierung
- Steuerbirne
- Kraft-Regelung (auch einzelner Achsen)
- Drive-Files mit Weg- und Kraftvorgaben gemischt
- Block-Programmierung
- Regelung von Beschleunigungsspitzenwerten
- Sweep für Weg
- Sweep für Kraft
- Kennlinien für Weg-Kraft
- Kennlinien für Kraft-Weg
- Frequenzantwort mit Frequenz-Sweep
- Frequenzantwort mit Amplituden-Sweep
- PDF Prüfberichte nach Kunden-Design
- Prüfungsverwaltung
- Funktionsgenerator mit Optimierung
- Funktionsgenerator mit manueller Bedienung
- Steuerung mittels Hexapod-Joystick
- Steuerung mittels PC-Game-Joystick (Software-Treiber)
- Steuerung mittels 3D-Maus (Software-Treiber)
- Steuerung aller oder einzelner Freiheitsgrade nach externen Analogsignalen
- Fahren in kräfte neutrale Position zum Einspannen von Prüflingen
- Ansteuerung in Echtzeit mittels Ethernet-Interface (Data-Stream)
- Video-Synchronisation (SMPT-Code oder andere)

Verlauf



Prüfung eines Bauteils

Statisch → Kennlinie

Einstellungen

Quasistatic Stiffness Curve

Direction: TZ

Velocity: 1.00 mm/s

Minimal Position: -5.00 mm

Maximal Position: 5.00 mm

Minimal Force: -1000.00 N

Maximal Force: 1000.00 N

Number of loops: 1

Precompensation

Velocity: 0.50 mm/s

Minimal Position: 0.00 mm

Maximal Position: 0.00 mm

Minimal Force: 0.00 N

Maximal Force: 0.00 N

Number of loops: 1

Force-Controller Setup

Forces on main hexapod Frame-MPs
Reference Hexapod force sensors

Preload

TX Position: 0.000 mm

TY Position: 0.000 mm

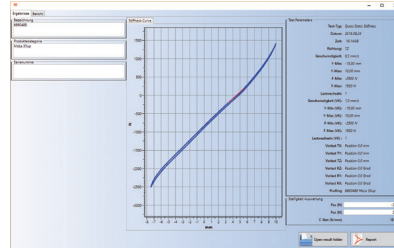
TZ Position: 0.000 mm

RZ Position: 0.000 deg

RY Position: 0.000 deg

RX Position: 0.000 deg

Erkenntnisse



Weg-Kraft-Kennlinien

Kraft-Kennlinien sind Weg gesteuert. Es wird der Weg im gewünschten Freiheitsgrad verstellt und die Kraft aufgezeichnet. Der Anwender kann Weg- und/oder Kraftgrenze sowie einen Startpunkt Weg oder Kraft definieren. Die Verstellgeschwindigkeit ist einstellbar.

Die Ausgabe ist neben den Roh-Messdaten ein Diagramm als Kennlinie mit allen Angaben. Auf Wunsch können auch Ausgleichskurven eingepasst werden, was vor allem bei Kennlinien mit Hysterese hilfreich zur Charakterisierung ist.

Dynamisch → Frequenz Antwort

Einstellungen Frequenz Sweep

Frequency Response Module

Test type: Sweep Frequency / constant Amplitude

End frequency: 10.000 Hz

Frequenz-Step: 1.000 Hz

Amplitude: 1.000 mm

TTL Frequency-Trigger:

Freq. sweep rate: 1.000 Hz/s

Ampl. sweep rate: 1.000 mm/s

Amplitude Fade-Up rate: 0.500 mm/s

Ampl. Fade-Down rate: 0.500 mm/s

Force-Controller Setup

Forces on main hexapod Frame-MPs
Reference Hexapod force sensors

Preload

TX Position: 0.000 mm

TY Position: 0.000 mm

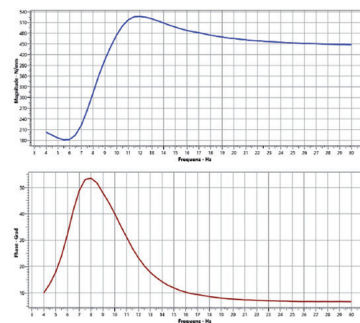
TZ Position: 0.000 mm

RZ Position: 0.000 deg

RY Position: 0.000 deg

RX Position: 0.000 deg

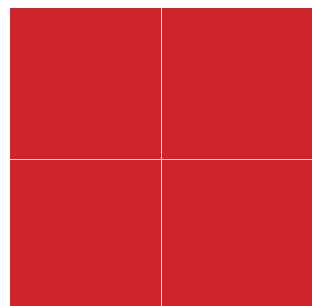
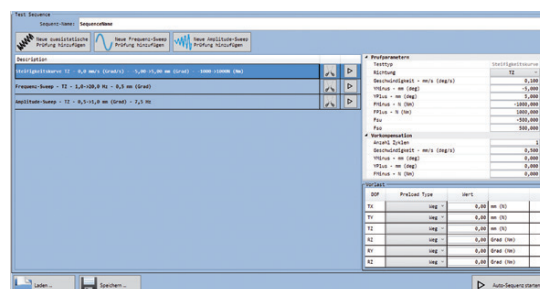
Amplitude Sweep



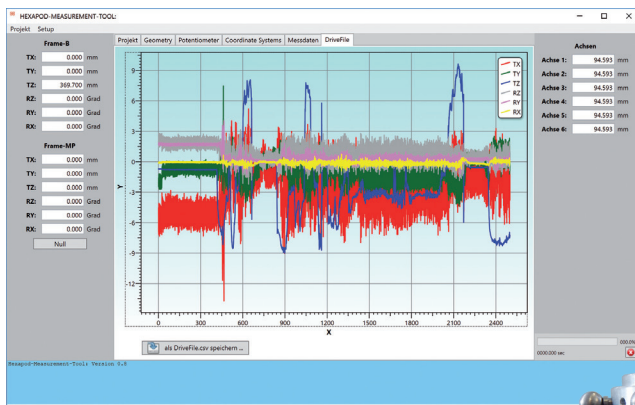
Dynamische Steifigkeit von Prüflingen

Die Steifigkeit von Bauteilen ist oft auch abhängig von der Frequenz einer Belastung. Dieses Verhalten kann mit dem umfangreichen Modul „Dynamische-Kennlinien“ untersucht werden. Der Controller erzeugt eine Sweep-Frequenz wobei die Amplitude konstant gehalten wird oder er erzeugt eine Sweep-Amplitude, welche die Frequenz konstant hält. Über den Frequenzverlauf wird die resultierende Steifigkeit als Eigenschaft des Bauteils aufgezeichnet und berechnet. Dieses Software-Modul ist damit besonders nützlich zur Ermittlung von Nichtlinearitäten und Resonanzen.

Autosequenz



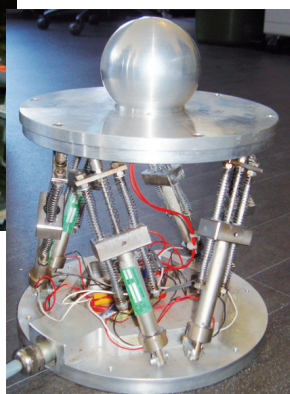
6dof Bewegungsmessung am Prüfling



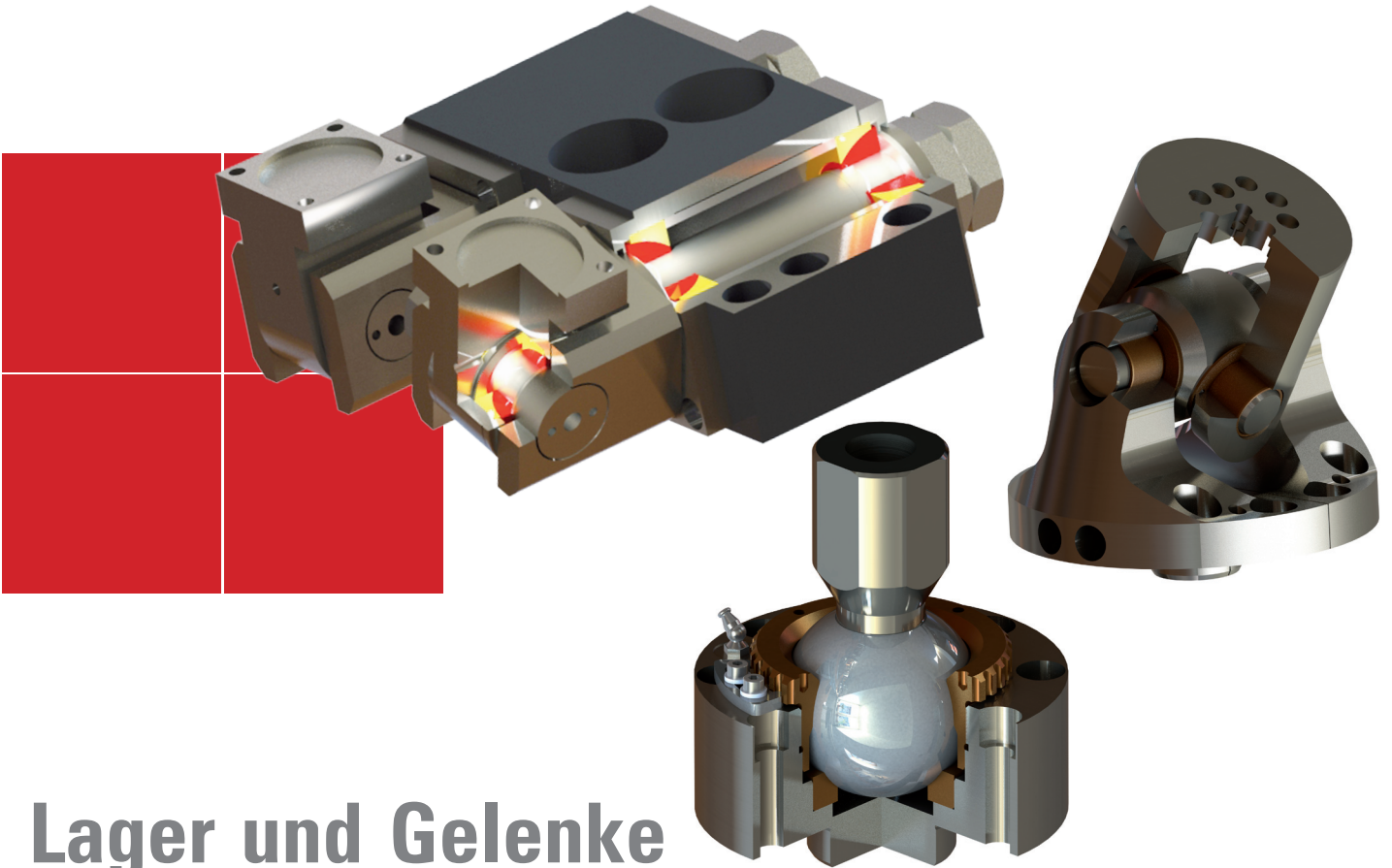
Unsere Software **HexMeas** unterstützt die Anwender beim Messen der Bewegungsdaten. 6 Messsysteme in Form von Potentiometern oder oft auch Seilzuggebern werden beliebig zwischen zwei bewegten Referenz-Ebenen angeordnet. Dass die Geometrie dabei nicht symmetrisch sein muss, ermöglicht überhaupt oft erst die Messsysteme am Prüfling anzubringen - gerade wenn z.B. eine Seite nicht zugänglich ist.

Die Software **HexMeas** rechnet diese Rohdaten anschließend in kartesische Bewegungen um. Wie auf dem Hexamove-Prüfstand können dabei die gleichen Koordinatensysteme verwendet werden, um die Bewegung einem beliebigen Bezugspunkt zuzuordnen. Diese Software ergänzt die Prüfstände und unterstützt den Kunden bei der Datenbeschaffung im Feld.

Joystick



Besonders für Motion-Controlling im Entertainment-Bereich ist ein Joystick mit einer eigenen Hexapod-Geometrie interessant. Der Controller rechnet die Bewegungen am Joystick in Echtzeit in kartesische Koordinaten um und verwendet diese nach einer Aufbereitung als Sollvorgabe für die Bewegung der Plattform. Gerade bei grossen Plattformen ist die Bewegung des Modells oft schnell dynamischer, als dass es die Motion-Base mit viel Nutzlast oder wegen des Fundaments zulässt. Aus diesem Grund können Geschwindigkeiten und Positions/Winkel-Grenzen frei eingestellt werden. Signalfilter sorgen dafür, dass Rauscheffekte nicht verstärkt werden. Auf Wunsch können einzelne Freiheitsgrade auch ausgeschaltet werden. Sämtliche Signale lassen sich aufzeichnen und anschliessend wieder als Bewegungsvorgabe verwenden.



Lager und Gelenke für Hexapoden

Je nach Anwendung eignen sich verschiedene Konstruktionen für die Gelenke zur Erreichung von höchstmöglicher Standfestigkeit, Winkelbereich und Traglast.

Lagertyp	Lagereinheit mit Wälzlager	Lagereinheit mit Gleitlager	Kardangelenke	Kugelgelenke
Gelenkwinkel	für grosse Gelenkwinkel geeignet	für grosse Gelenkwinkel geeignet	für mittlere bis grosse Gelenkwinkel geeignet	max. +/- 35° (Abhängig von Kugelgrösse und zulässigen Kräften)
Kräfte	für kleinere bis mittlere Kräfte geeignet	für grosse Kräfte geeignet	für grosse Kräfte geeignet	für grosse Kräfte geeignet
Vibrationsanwendung	ungeeignet	geeignet	geeignet	geeignet
Einbauraum	gross	gross	klein	klein
Wartung	wartungspflichtig	wartungsfrei	wartungsfrei	wartungspflichtig





Kräfte messen mit Hexamove-Konzept

Kräfte und Momente messen

Das Messen von Reaktionskräften bei dynamischen Bewegungen sowie das Ausmessen von Kennlinien und Wegdiagrammen ist bei vielen Anwendungen sehr wichtig oder sogar unerlässlich. Es kann sich dabei um statische oder dynamische Kräfte während Prüfabläufen handeln oder aber auch um resultierende Kräfte von Schwingungen. In einer weiteren Anwendung können ferner Kennlinien von Kraft-Weg-Diagrammen erstellt werden.

Für die Kräftermessung bieten sich zwei Möglichkeiten an. Bei einfachen Anwendungen werden Drucksensoren in die Zylinderkammern eingebaut und damit Kräfte in den Antriebsachsen des Hexapoden gemessen. Für eine noch präzisere Messung kommen primär qualitative hochwertige Kraftmessdosen zum Einsatz. Die sechs Achskräfte bilden dann sechs Kraftvektoren, die mittels Frame-Mapping auf ein beliebiges Koordinatensystem zu drei Kräften und drei Momenten umgerechnet werden. Neben dem vorteilhaft einfachen Einbau sind bei dieser Lösung zwei Punkte wichtig: Zum einen muss der vom Eigengewicht verursachte Kraftanteil abhängig von der Position kompensiert werden. Dies gilt auch für zusätzliche Gewichte von Aufspannvorrichtungen oder schweren Bau-

teilen. Bei statischen Anwendungen oder bei geringer Dynamik liefert diese Methode sehr gute Ergebnisse bei wenig Kosten. Bei dynamischen Anwendungen müssen jedoch auch die Trägheitskräfte berücksichtigt werden.

Die Kompensation der Trägheitskräfte ist schwierig, entfällt jedoch bei Einsatz eines zweiten Referenz-Hexapoden, der auch gleich als Aufspannvorrichtung für den Prüfling eingesetzt wird. Der Prüfstand misst dabei die Kräfte nicht auf der bewegten, sondern auf der ortsfesten Seite, womit sich die Genauigkeit und Empfindlichkeit signifikant steigern lässt. Die Konstruktion basiert auf einem statischen Hexapoden mit sechs Kraftmessdosen in den Stäben der Parallelkinematik. Um bei Verformungen durch hohe Kräfte störende Biegespannungen zu vermeiden, haben die „Beine“ sogenannte Federgelenke, welche die geringen Verformungen aufnehmen. Das Konzept hat sich in vielen Anwendungen sehr bewährt und dabei bezüglich Genauigkeit und Dynamik hervorragende Ergebnisse erzielt. Mit der umfangreichen Software wird ein grosser Anwendungsbereich abgedeckt, der unter anderem das Ausmessen von Kennlinien sowie die Begrenzung und Überwachung von Kräften umfasst.



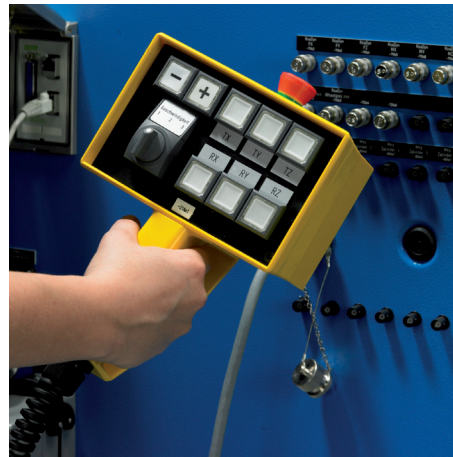
1

1 Messdatenerfassung

Bereits die Standard-Version der Steuerung bietet ein umfassendes Messdatenerfassungssystem. Prozessdaten können mit hoher Sampling-Rate durchgehend oder bei Bedarf aufgezeichnet werden. Die Hardware lässt sich beliebig mit Modulen für verschiedene Signalarten erweitern. Das abgebildete Rack zeigt 24 analoge Ein- und Ausgänge in Form von BNC-Buchsen. Dabei werden auch Messbrücken unterstützt. Die Eingänge lassen sich idealerweise auch als Grenzwerte für die Programmierung von Abläufen verwenden. Zur Synchronisation mit externen Messdatenerfassungssystemen stehen hochgenaue Trigger-Signale zur Verfügung.

2 Steuerbirnen, Joysticks und Spacemouse

Steuerbirnen, Joysticks oder gar eine Spacemouse: Die Hexamove-Steuerung bietet eine Vielzahl an interessanten Schnittstellen für die sichere Einrichtung von Versuchsaufbauten, die Programmierung von Motion usw. Die durchdachte Software lässt beispielsweise reduzierten Druck mit begrenzten Geschwindigkeiten für das Einrichten und vieles mehr zu.



2

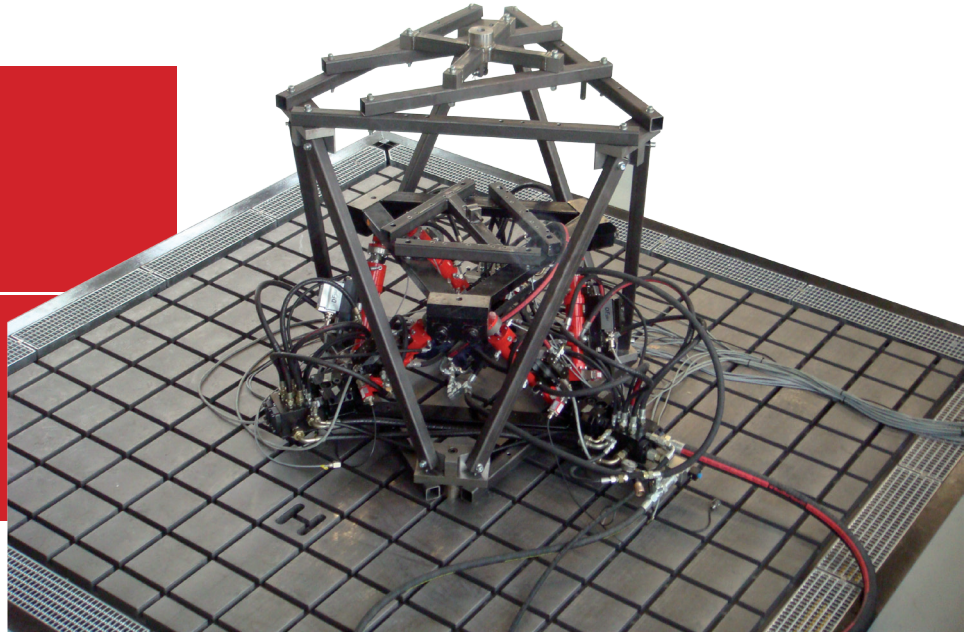
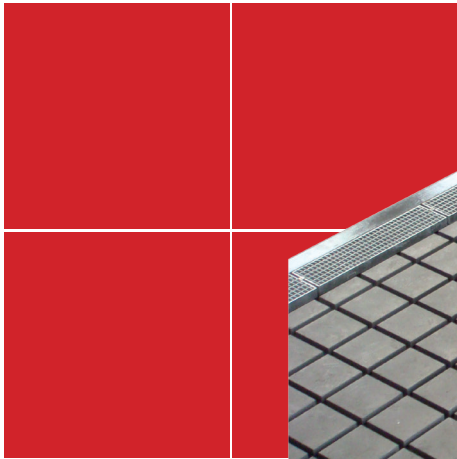
3 Synchronisieren weiterer Antriebe

Je spezieller die kundenspezifischen Vorstellungen sind, desto besser stellt die Hexamove-Steuerung ihre Flexibilität unter Beweis. Neben dem Hexapod kann die Steuerung synchron mehrere zusätzliche Antriebe regeln oder steuern. Drive-Files können dadurch weit mehr Informationen als für sechs Freiheitsgrade enthalten. Beim abgebildeten Felgenprüfstand werden synchron mit einem siebten Antrieb die Trommelposition geregelt, die Trommeldrehzahl gesteuert usw.



3

Optionen



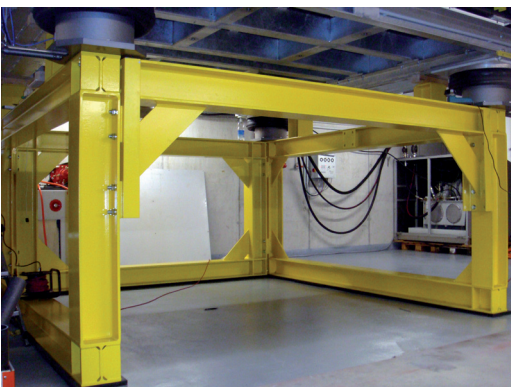
Unser Testing-Center Individuelles Prüfen für Sie

Wir stellen unsere Infrastruktur und unser Know How zur Verfügung

Die Entwicklung hochwertiger Servotechnik mit Antrieben, Controller und Software erfordert auch ein Testfeld für unsere Ingenieure. Über die Zeit haben wir so eine umfangreiche Infrastruktur aufgebaut, welche wir auch unseren Kunden zur Verfügung stellen können. Neben hochwertiger Technik bieten wir Ihnen auch umfangreiche Dienstleistungen und Engineering rund um die Prüfung Ihrer Produkte an.

Unsere Dienstleistungen

- Aufbau von individuellen Testabläufen
- Mehrachssysteme mit bis zu 12 Achsen
- Nachbildung von freien Drive-Files in Weg und Kraft
- Weg/Kraft Sinus-Pulsationen
- Shaker mit Beschleunigungsregelung, bis zu 250g und 600 Hz
- Schwingfundament für Prüfungen mit Aufspannplatten von 4 x 4 Meter
- 6 DOF Prüfungen auf HEXAPOD
- Messung von Materialspannungen mittels Dehnmessstreifen



Einsatzgebiete:

- Prüfstände für die Automotive-Industrie
- Montagesysteme für die Flugzeug-Produktion
- Spezialgeräte für die Luftfahrt-Industrie
- Simulationstechnik für Motion-Kinos
- Spezial-Motion-Systeme für die Entertainment-Industrie
- Prüfstände mit Kraftregelung
- Präzisions-Positioniersysteme für die Forschung
- Motion-Systeme für die Film-Industrie (Special-Effects)



Hagenbuch Hydraulic Systems AG, Rischring 1, CH-6030 Ebikon, Tel. +41 (0)41 444 12 00, Fax +41 (0)41 444 12 01

info@hagenbuch.ch
www.hagenbuch.ch

HAGENBUCH 
Hydraulic Systems

2018/10/18/D