Industrietauglicher Fokusversteller für Mikroskopie- und Kameraanwendungen

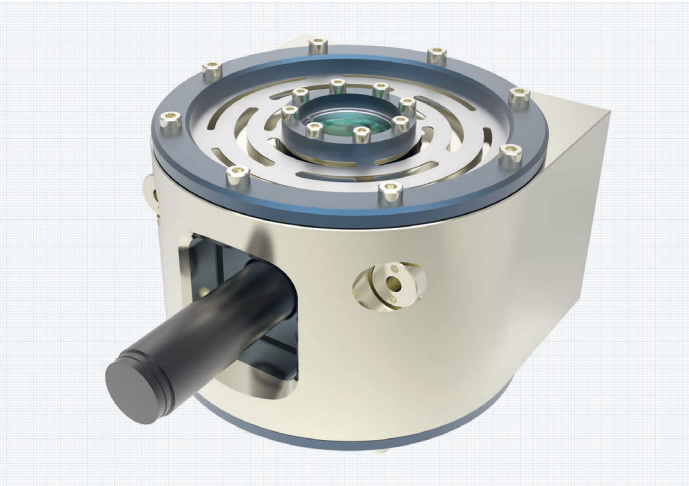
Präzise, robust, zuverlässig und wirtschaftlich: Industrietauglicher Fokusversteller für Mikroskope und Kameras von Steinmeyer Mechatronik © 123RF/kkolosov

Autor:
Elger Matthes,
Entwicklung und
Produktmanagement
Steinmeyer Mechatronik GmbH
info@steinmeyer-mechatronik.de
www.steinmeyer-mechatronik.de

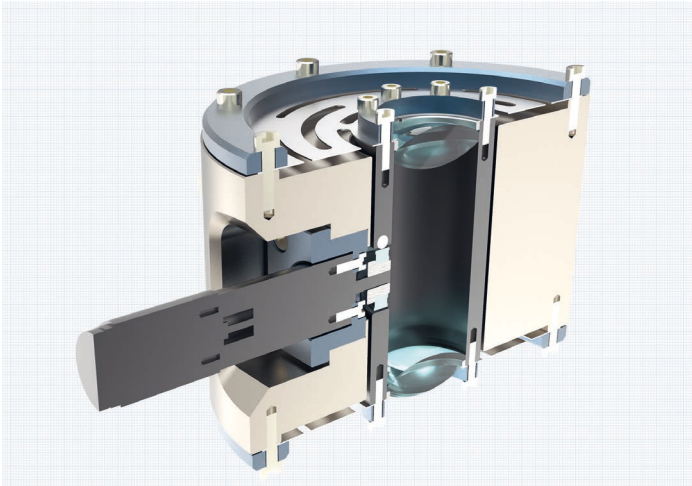
Je kleiner der Verfahrweg, desto geringer die Probleme? Von wegen. Genau das Gegenteil ist der Fall. Extrem kurze Distanzen wie sie in Fokusverstellern für die automatische Inspektion in Fertigungsanlagen typisch sind, stellen hohe Anforderungen an die Technik und können schnell zur großen Herausforderung werden. Die Lösung könnte in einem unkonventionellen Ansatz liegen. Dabei bestehen die Fokusversteller aus einem Federparallelogramm, einem Exzenterantrieb mit Schrittmotor sowie einem induktivem Linearmesssystem und bringen Performance, Robustheit und Wirtschaftlichkeit optimal in Einklang. Dadurch eignen sie sich perfekt für den Einsatz in industriellen Mikroskopie- und Kameraanwendungen.

Schnelles Fokussieren

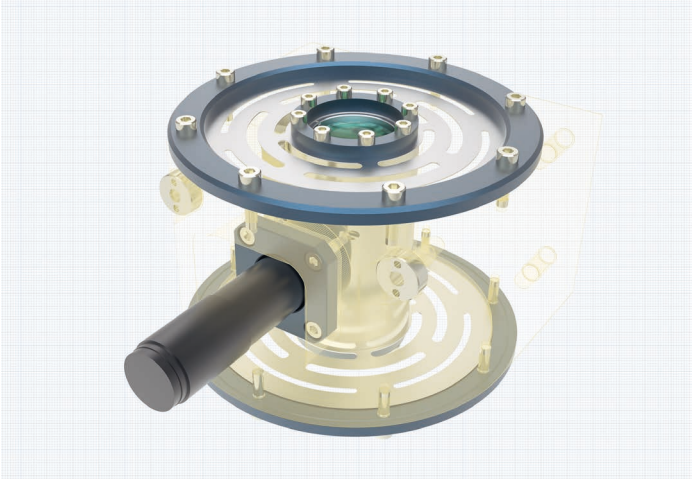
Kamerasysteme, die in der Industrie zur automatischen Inspektion und Qualitätssicherung eingesetzt werden, müssen in Sekundenschnelle fokussieren. Maximal 100 ms stehen dafür in der Regel zur Verfügung. Zwar ist ein Verfahrweg mit 0,5 bis 2 mm nicht besonders lang – oftmals geht es nur darum, die Dickenvariation eines Substrats auszugleichen oder enge Stacks von Bildern in verschiedenen Tiefenschärfen aufzunehmen –, doch gerade diese kurze Distanz wird für die standardmäßigen Fokusversteller auf Basis von Linearführungen schnell zum Verhängnis. Bei Millionen kleiner Bewegungen versagt das tribologische System mechanischer Wälzführungen frühzeitig, da der Schmierstoff an der Kontaktstelle verdrängt wird und sich nicht wie üblich über die ganze Laufbahn verteilen kann. Die Folge sind Kaltverschweißungen, die den gesamten Versteller blockieren. Bei Bewegungen im Mikrometer- und Submikrometerbereich wirken sich zudem Stick-Slip-Effekte, also der Übergang von Haft- in Rollreibung in der Führung, negativ aus.



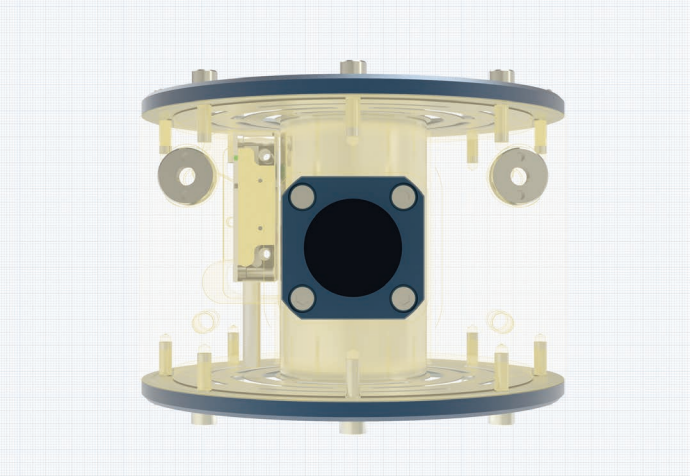
Innovativer Fokusversteller mit geschlitzten Membranen von Steinmeyer Mechatronik – ideal für extrem kurze Verfahrwege mit hohen Zyklenzahlen alle folgenden Bilder © Steinmeyer Mechatronik



Exzenterantrieb mit Schrittmotor und Getrieben für einen Membransteller mit integrierter Optik



Die Fokusversteller bestehen aus einem Federparallelogramm, einem Exzenterantrieb mit Schrittmotor sowie einem induktivem Linearmesssystem



Membranversteller mit seitlich integriertem optischen Messkopf

Robustheit und Wirtschaftlichkeit sind das A und O

In der klassischen Mikroskopie haben sich für Anwendungen mit kurzen Wegen und hohen Zyklenzahlen piezoelektrische Fokusversteller bewährt. Diese erlauben eine sehr hohe Dynamik bei gleichzeitig exzellenter Schrittauflösung, sind allerdings äußerst empfindlich in der Handhabung und teuer in der Anschaffung. Auch benötigen sie ein spezielles Hochspannungsinterface für die elektrische Ansteuerung. Das macht sie für den Einsatz in industriellen Anwendungen unattraktiv. Auch andere Alternativen sind aufgrund ähnlicher Schwächen keine Idealbesetzung. Doch wie lassen sich die spezifischen Anforderungen der Industrie – extrem kurze Verfahrwege, hohe Dynamik, robuste Verarbeitung, lange Lebensdauer, Wartungsfreiheit, standardisierte Schnittstellen sowie optimale Wirtschaftlichkeit – unter einen Hut bringen?

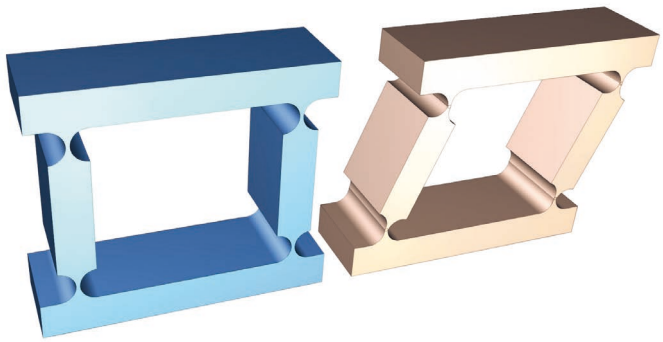
Eine Lösung neu denken

Fokusversteller bestehend aus einem Federparallelogramm, einem Exzenterantrieb mit Schrittmotor und einem induktiven Linearmesssystem. Auf den ersten Blick mag diese Kombination für Maschinenbauer eher befremdlich wirken. Viele können sich Blattfedern als Führungselement nicht vorstellen, auch werden Exzenterantriebe meist nicht mit Genauigkeit in Verbindung gebracht - doch derartige Vorbehalte sind absolut unbegründet. Die Praxis hat gezeigt, dass diese Fokusversteller hochpräzise positionieren und trotzdem die für das industrielle Umfeld notwendige Robustheit bieten. Zudem sind sie noch kostengünstig. Mittlerweile arbeiten diese Systeme seit vielen Jahren in der Praxis sehr zuverlässig und problemlos. Sie absolvieren mehr als 100 Millionen Fokussierungen und liefern exzellente Bilder.

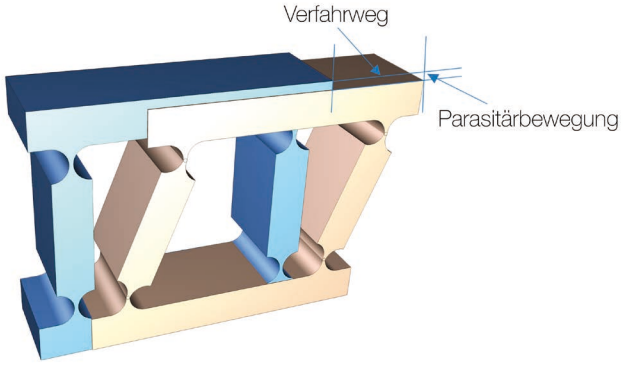
Aus der Messtechnik in den Maschinenbau

Blattfedern kommen ursprünglich aus der Messtechnik und werden dort bereits seit über einem Jahrhundert eingesetzt. Auch die Hightech-Industrie macht sich das Prinzip zunutze, im allgemeinen Maschinenbau werden die Festkörpergelenke dagegen kaum genutzt. Dabei sind sie in Form eines Federparallelogramms gerade bei extrem kurzen Verfahrwegen eine sinnvolle Lösung. Bei kleinen Längsbewegungen deformieren sich die Blattfedern elastisch, sodass kein Verschleiß oder Ermüdungsbruch zu befürchten ist. Die obere Plattform führt die gewünschte Linearbewegung aus. Senkrecht dazu kommt es wegen der Verkürzung der Blattfedern beim Auslenken zu einer Parasitärbewegung, die berechenbar, systematisch und damit auch kompensierbar ist.

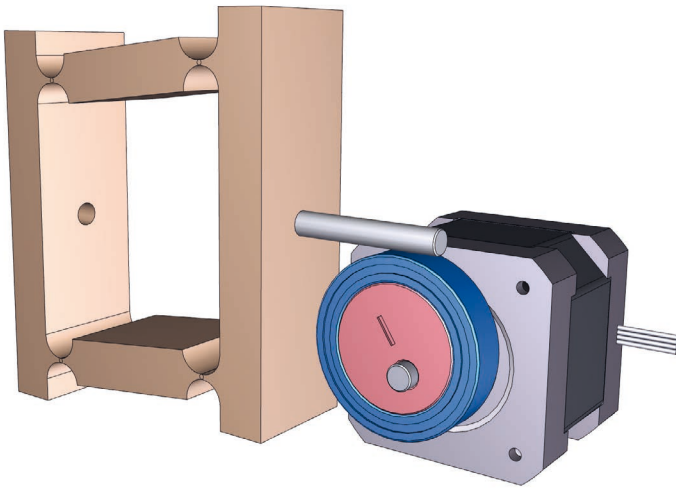
Ist das nicht akzeptabel, kann die Blattfeder rotationssymmetrisch als Membranfeder ausgeführt werden. Durch die Materialausdehnung entfällt in diesem Fall die Parasitärbewegung. Allerdings benötigen Membranfedern im Vergleich zu Blattfedern deutlich mehr Platz, was für viele Anwendungen ein Ausschlusskriterium darstellt. Bei sehr kleinen Stellwegen sind die Membranfedern ebene Blechronden, für größere Stellwege werden sie geschlitzt oder mit umlaufenden Sicken ausgestattet. Bei korrekter Dimensionierung erlauben Festkörpergelenke dauerhaft Linearbewegungen mit kleinen Auslenkungen. Außerdem haben sie eine sehr hohe Lebensdauer. Sie kommen ohne Schmierstoff aus, arbeiten bis auf innere Materialreibungen reibungsfrei und weisen keinerlei Hysterese- bzw. Stick-Slip-Effekte. Zudem sind



Federparallelogramm schematisch, in Ruhelage und ausgelenkt



Federparallelogramm: Verfahrweg und Parasitärbewegung



Federparallelogramm durch Exzenter ausgelenkt

sie günstig in der Herstellung und hinreichend robust in der Anwendung. Reparaturen können schnell und mit geringem Aufwand durchgeführt werden.

Uralte Technik, hochmodernes System

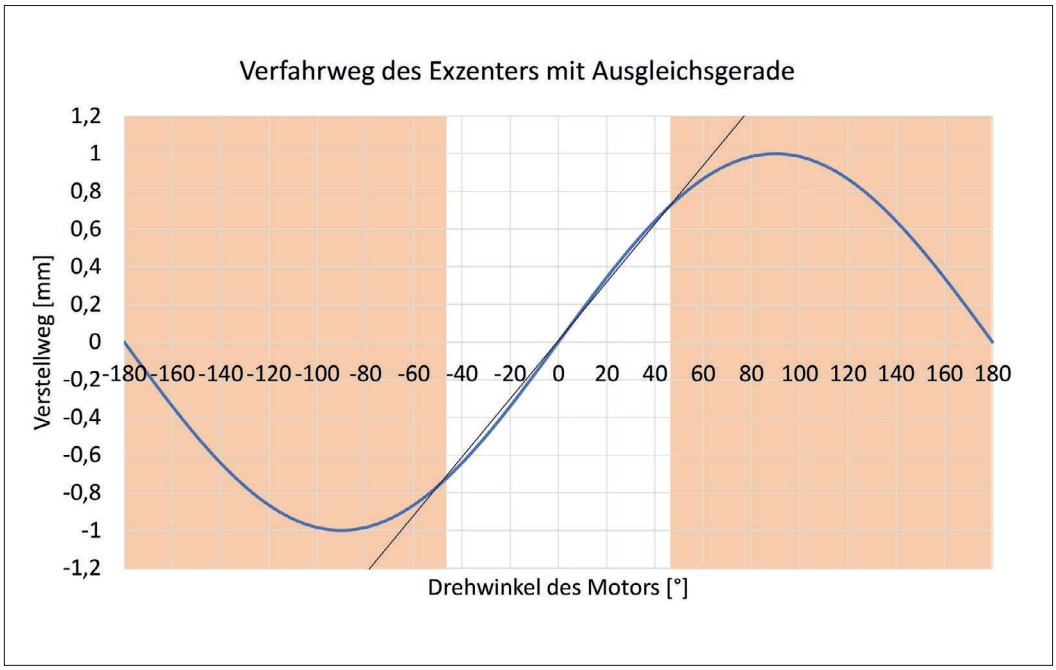
Auch das Konzept des Exzenterantriebs ist altbekannt, bereits in der Antike wurde die Technologie für die Transformation zwischen einer Rotations- und einer Linearbewegung genutzt. Heute finden sich Exzenterantriebe unter anderem in Pressen und Spanneinrichtungen, aber auch in PKW-Verbrennungsmotoren in Form der Kurbelwelle. Der Einsatz von Exzentern ermöglicht eine einfache, robuste und preiswerte Lösung, hat aber durchaus seine Tücken hinsichtlich Linearität und Ansteuerung. So verhält sich das System bei einer vollen Umdrehung in der Nähe der Umkehrpunkte nichtlinear. In der Folge kommt es zu einer Umkehr der Linearbewegung bei gleicher Drehrichtung des Motors. Also gilt es, eine volle Umdrehung zu vermeiden. Dies gelingt, indem man den Drehbereich des Motors eingeschränkt. Begrenzt man den Drehwinkel des Motors beispielsweise auf ±45° aus der Horizontalposition des Exzenters, dann verringert sich der Verfahrweg um circa 30 %. Gleichzeitig werden die stark nichtlinearen Bereiche ausgeblendet und die Richtungsumkehr im Übertragungsverhalten verhindert. So arbeitet man also nur in dem Bereich, der eindeutig, wiederholbar, linear und steuerungsmäßig gut beherrschbar ist. Die resultierende Abweichung von einer linearen Übertragungsfunktion beträgt bei diesen Grenzwerten maximal 4 %, die nur in den Endbereichen des Verfahrwegs erreicht wird. Im Mittel liegt sie bei 1,5 %. Wählt man die Grenzen enger, lässt sich auf Kosten des Verstellwegs ein noch weit besseres lineares Verhalten des Systems erzielen. Da diese Abweichungen systematisch sind, können sie leicht in einer übergeordneten Software kompensiert werden. Typischerweise sollten Schrittmotoren verwendet werden, da diese im Stillstand externe Momente aufnehmen können. Für Servomotoren empfiehlt sich ein hochuntersetzendes Getriebe, was aber einer einfachen und kostengünstigen Konstruktion widerspricht.

Unkomplizierte Erfassung des aktuellen Verfahrwegs

Setzt man beispielsweise als Mess- und Feedbacksystem ein induktives Linearmesssystem ein, ergeben sich folgende Vorteile: Es ist gegen Verschmutzung, Schwingungen und Vibrationen sowie elektrische und magnetische Felder weitgehend immun und ermöglicht damit einen zuverlässigen Betrieb im industriellen Umfeld. Darüber hinaus erfüllt es die Forderung nach einem Standard-Dateninterface, das von den Steuerungskomponenten sofort gelesen und weiterverarbeitet werden kann. Sehr hohe Interpolationsraten von 12 Bit und mehr erlauben eine Auflösung im Submikrometerbereich. Durch Einsatz zweier Leseköpfe auf Maßstäben leicht unterschiedlicher Periodenlänge lassen sich die an sich inkrementellen Systeme als kostengünstige Absolutmesssysteme konfigurieren. Eine interne Kalibrierung ermöglicht die sichere Einhaltung einer absoluten Genauigkeit von 10 µm über den gesamten Verfahrbereich. Da die Ansteuerelektronik immer die tatsächliche Position des bewegten Objektivs misst, ist eine zusätzliche Kompensation der Exzenter-Nichtlinearitäten unnötig.

Eine performancestarke, robuste, zuverlässige und wirtschaftliche Lösung

Ob Halbleiterindustrie, Biomedizintechnik, Pharma oder Messtechnik: Die lückenlose Kontrolle, Überwachung und Dokumentation von Prozessschritten wird vielerorts immer wichtiger. Damit einher geht eine zunehmende Automatisierung der Qualitätssicherung, die durch den Einsatz von Kamerasystemen oftmals erst möglich gemacht wird. Hochauflösende Kamerachips und Rechenpower zur Bildverarbeitung werden immer günstiger. Casus knacksus sind allzu oft noch die Autofokus-Einheiten. Mit der gezeigten unkonventionellen Lösung kann hier Abhilfe geschaffen werden. Sie erfüllt alle Anforderungen der Industrie in Bezug auf Robustheit, Performance, Zuverlässigkeit, Integration sowie Wirtschaftlichkeit und eröffnet so neue Möglichkeiten für automatische Inspektionssysteme in Fertigungsanlagen. ◄



Wird der Drehwinkel des Motors auf ±45° aus der Horizontalposition des Exzenters begrenzt, ist die Bewegung linear, wiederholbar und steuerungsmäßig gut beherrschbar

Oszilloskop-Serie mit 12 Bit Auflösung

Anwendungen aus der Leistungselektronik, der Medizintechnik oder des IoT benötigen zur Analyse von Signalanomalien oftmals eine feine vertikale Auflösung. Zur Erfassung dieser Details ist die am Markt übliche 8-bit Auflösung von Oszilloskopen regelmäßig unzureichend. Ein Gerät mit 12-bit Analog-Digital-Wandlung liefert eine 16x feiner Auflösung und eignet sich daher sehr gut für diese Aufgaben. Der maximale Nutzen kann nur mit einer rauscharmen Eingangsstufe erreicht werden. Die neue Oszilloskop-Serie SDS2000X HD von Siglent vereint beides und bietet zusätzlich noch viele weitere nützliche Standardfunktionen.

Das Besondere an diesen Geräten

ist die 12-Bit-AD-Wandlung. Im Vergleich zu 8-Bit ADCs kann damit eine 16x höhere vertikale Auflösung erreicht werden. Der von digitalen Oszilloskopen bekannte Quantisierungsfehler wird somit erheblich verringert. Bei der Analyse von kleinsten Signaldetails, speziell wenn die Zoomfunktion zum Einsatz kommt, ist die Verbesserung der Auflösung besonders wertvoll. Die integrierten Analog/Digital-Wandler haben eine Abtastrate von 2 GS/s. Die Geräte der Serie sind ausschließlich als „Vierkanaler" erhältlich. Alle Oszilloskope sind mit zwei AD-Wandlern und mit 2x 200 Mega-Punkten Erfassungsspeicher ausgestattet. Daraus ergibt sich bei vier aktivierten Kanälen pro Kanal eine Mindestabtastrate von 1 GS/s und eine Speichertiefe von 100 MPkt. Die Geräte sind in den Bandbreiten 100, 200 und 350 MHz verfügbar. Wird mehr Bandbreite benötigt steht eine Bandbreitenupgrade-Option zur Verfügung.

Die weitere Ausstattung

der neuen Serie ist identisch mit der Ausstattung der erfolgreichen SDS2000X Plus Serie. Damit sind die folgenden Funktionen ebenfalls standardmäßig enthalten: Zonentrigger, Counter, Totalizer, Maskentest, Historie mit Suchfunktion, FFT-Analyse mit bis zu 2 Millionen Punkten, serielle Bus-Triggerung und -Dekodierung für I^2C, UART, SPI, LIN, CAN. Die weiteren Dekoder I^2S-, CAN-FD-, FlexRay-, MIL1553-, SENT und Manchester können per Softwareoption freigeschaltet werden. Das Gerät kann durch den Erwerb des Logikanalysator-Adapters um 16 digitale Kanäle erweitert werden.

Der Sequenzmodus erhöht die Kurven-Erfassungsrate auf bis zu 500 000 wfm/s. Damit wird die Totzeit des Oszilloskops gegenüber dem „Normal-Modus" um einen Faktor von ca. 5 verringert und seltene Signalanomalien können bei der Fehlersuche schneller entdeckt werden. Die integrierte Bode-Plot-Funktion bildet, zusammen mit dem optionalem 25 MHz Funktionsgenerator, eine komfortable, platzsparende und kostengünstige Frequenzganganalyse ohne dass in zusätzliche externe Instrumente investiert werden muss. Bei der Schaltnetzteilentwicklung werden Bode-Plots verwendet um die Phasen- und Amplitudenreserve zu messen.

X-HD-Serie

Ebenso wie die X-Plus-Serie verfügt die X-HD-Serie über eine Leistungsanalyse-Option. Damit können die wichtigsten Messungen automatisiert durchgeführt werden und alle üblichen Eigenschaften von Spannungskonvertern bestimmt werden. Die feinere vertikale Auflösung erhöht die Genauigkeit der Ergebnisse der Leistungsmessung und ermöglicht eine noch bessere Optimierung. Die Oszilloskope sind mit einem 10,1-Zoll-Touchscreen ausgestattet. Somit ist ausreichend Platz für die Darstellung der Signale und Analysen vorhanden. Die aus den aktuellen Geräten bekannte gut durchdachte Bedienkonzept mit der Möglichkeit der Bedienung per Maus- und Tastatur macht das Arbeiten mit den Geräten einfach und intuitiv. Die Fernsteuerung kann über den eingebauten Webserver erfolgen. ◄

Siglent Technologies Germany GmbH
www.siglenteu.com