



LEVIACROM

NON-CONTACT PRECISION MOTION

ShakesBear (Spindelanalyse- und testsysteme)



Unit SN: 5200-2022 4200
 Board SN: 52277
 Probe SN: 52057
 Range (r: um): 25
 Bandwidth: 100kHz
 Output Volt: +/-10
 Drive Symb: Normal
 Frequency (MHz): 7.314

Unit SN: 5300-2023
 Board SN: 30330
 Probe SN: T2000
 Range (r: um): 25
 Bandwidth: 100kHz
 Output Volt: +/-10
 Drive Symb: Normal
 Frequency (MHz): 7.115

Unit SN: 5200-3
 Board SN: 30330
 Probe SN: T2000
 Range (r: um): 25
 Bandwidth: 100kHz
 Output Volt: +/-10
 Drive Symb: Normal
 Frequency (MHz): 7.354

Unit SN: 5300-2023 1200
 Board SN: 52574
 Probe SN: T2000
 Range (r: um): 25
 Bandwidth: 100kHz
 Output Volt: +/-10
 Drive Symb: Normal
 Frequency (MHz): 7.744

Levicron

Die Levicron GmbH entwickelt, produziert und vertreibt berührungslos gelagerte Motorspindelssysteme für die Ultrapräzisions- und CNC-Zerspanung. Neben jahrzehntelanger praktischer Erfahrung im Spindelbau wird die Produktentwicklung durch praktisch verifizierte Berechnungsmethoden sowie Simulations- und Testwerkzeuge in den Bereichen Strukturanalyse und Strömungsdynamik unterstützt.

Als erster Anbieter für aerostatisch gelagerte Bearbeitungsspindeln mit industriellen Werkzeugschnittstellen (HSK) und voller CNC-Funktionalität haben sich die Spindelprodukte von Levicron weltweit etabliert.

Unsere Ansprüche an unsere Produkte sowie die unserer Kunden verbieten die Spindelentwicklung um Zukaufösungen. Um dem gerecht zu werden, finden nicht nur patentierte Lagersysteme und Patent angemeldete federlose HSK-Spannsysteme ihren Einsatz, sondern auch im Haus entwickelte Motor- und Encodersysteme. Die Fertigungstiefe bei Levicron von über 90 % umfasst unter anderem CNC-Drehen, -Fräsen, -Außenrundscheifen, -Innenschleifen, -Diamantbearbeitung und -Drahterodieren. Neben den selbst entwickelten Bearbeitungslösungen zur Herstellung unserer Produkte finden zusätzlich die Entwicklungen zu Prüfständen, Testmethodiken und Auswuchttechniken im eigenen Hause statt.

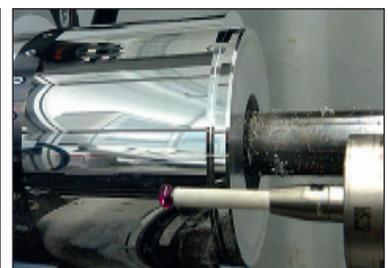
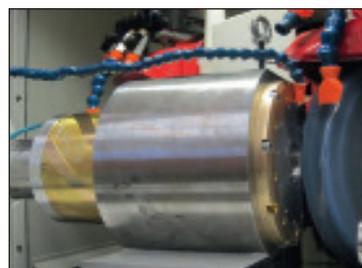
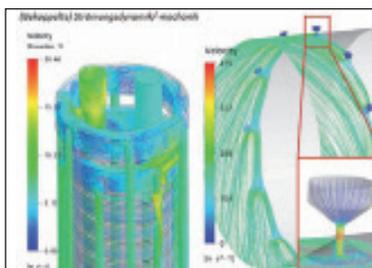
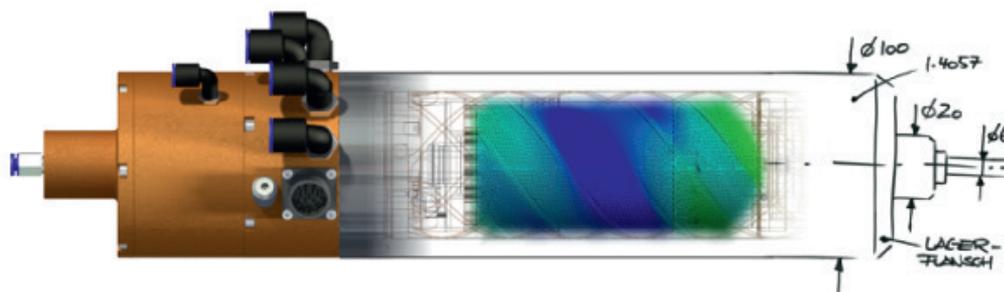
Die Qualität, Drehzahlen und Genauigkeiten unserer Motorspindeln sowie die Anforderungen aus deren Anwendung machen es notwendig, maßgeschneiderte Teillösungen zu entwickeln, für welche andere Hersteller kommerziell verfügbare nutzen können. Dies umfasst zum Beispiel Lagersysteme, Drehencoder, Elektromotoren, HSK Werkzeugaufnahmen und HSK Einbauspanner. Aufgrund der einzigartigen Eigenschaften und Vorteile dieser Komponenten, bieten wir diese teilweise getrennt von unseren Spindeln an. Zwar hat Levicron das Rad damit mehrfach doppelt erfunden, jedoch laufen unsere Räder dafür runder und schneller als andere.

Als Resultat erhält der Anwender thermisch konkurrenzlos stabile Bearbeitungs- und Werkstückmotorspindeln für Dreh-, Fräs- oder Schleifbearbeitungen, mit gleichzeitig unvergleichlicher Dynamik, Rotationstreue und breitem Drehzahlspektrum.



Levicron

All in house developed and manufactured Ultra Precision Technology for CNC Machining



ShakesBear

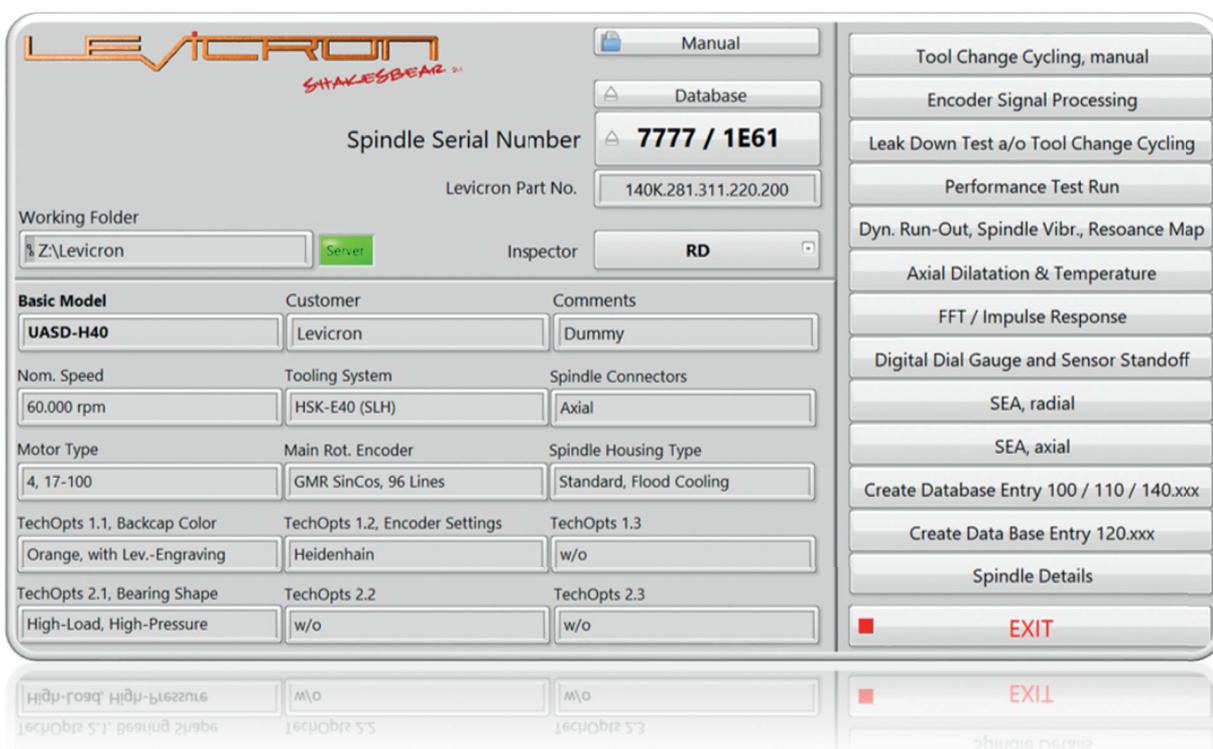
Spindelanalyse- und -testsysteme für Drehzahlen bis 100.000 Upm mit Nanometer-Auflösungen.

Beschreibung

Seien es Wellenfehlbewegung, Rotordynamik oder thermische Stabilität, Spindellösungen von Levicron verlangen an vielen Stellen Komponentenentwicklungen, welche bei anderen Spindelherstellern zugekauft werden können. Solche Unterentwicklungen können wiederum zu Produkten mit einzigartigen Eigenschaften weiterentwickelt und dem Markt zur Verfügung gestellt werden. Dies trifft in Konsequenz auch auf den Nachweis von Spindelqualitäten und -leistungen zu, für welche Levicron seit Bestehen Prüf- und Messmethoden entwickelt hat, welche in Auflösung, Handhabung und Abstraten einzigartig sind.

Mit den Spindeltest- und prüfsystemen „ShakesBear, Hamlet“ und „ShakesBear, Othello“ stellt Levicron dem Endkunden bzw. dem Maschinenhersteller Prüfkomplettsysteme zur Messung von dynamischen Rundläufen, Resonanzkarten und der Rotationstreue von Spindelsystemen zur Verfügung. Alle Messungen werden als Protokoll und Rohdaten in einer übergeordneten Spindeldatenbank jederzeit wieder aufrufbar abgelegt.

Die ShakesBear Software vereint alle Mess-, Aufzeichnungs- und Verwaltungsmodule und erlaubt ein zentrales und selbst-erklärendes Arbeiten und Verwalten.



Spindelprüfkomplettsysteme

ShakesBear „Hamlet“

Das Spindelprüfkomplettsystem „ShakesBear, Hamlet“ wurde zur direkten und gleichzeitigen Messung der radialen und axialen Rotationstreue (Error-Motion) mit direkter Fehlertrennung zwischen Spindelsynchron- und Artefaktformfehler mit Nanometerauflösungen für Spindeldrehzahlen bis 100.000 Upm entwickelt.

Vereint in ein mobiles Gehäuse, erlaubt es den Anschluss eines Pc's sowie der Sensorik, wobei alle Verstärker- und Treibereinheiten im Gehäuse integriert sind.

ShakesBear „Othello“

Das Spindelprüfkomplettsystem „ShakesBear, Othello“ zielt auf die Erfassung von dynamischen Größen wie dem Werkzeugrundlauf, der thermischen Dilatation sowie der Spindel- und Systemresonanzkarten ab.

Optional ermöglicht das System mit integrierten Bedien- und Recheneinheiten einen mobilen und flexiblen Einsatz. Auch hier sind alle Verstärker-, Filter- und Treibereinheiten in einem Gehäuse integriert, sodass die Sensorik direkt an diesem angeschlossen werden kann.

Rotationstreue (Error-Motion)

Hamlet

Exkurs

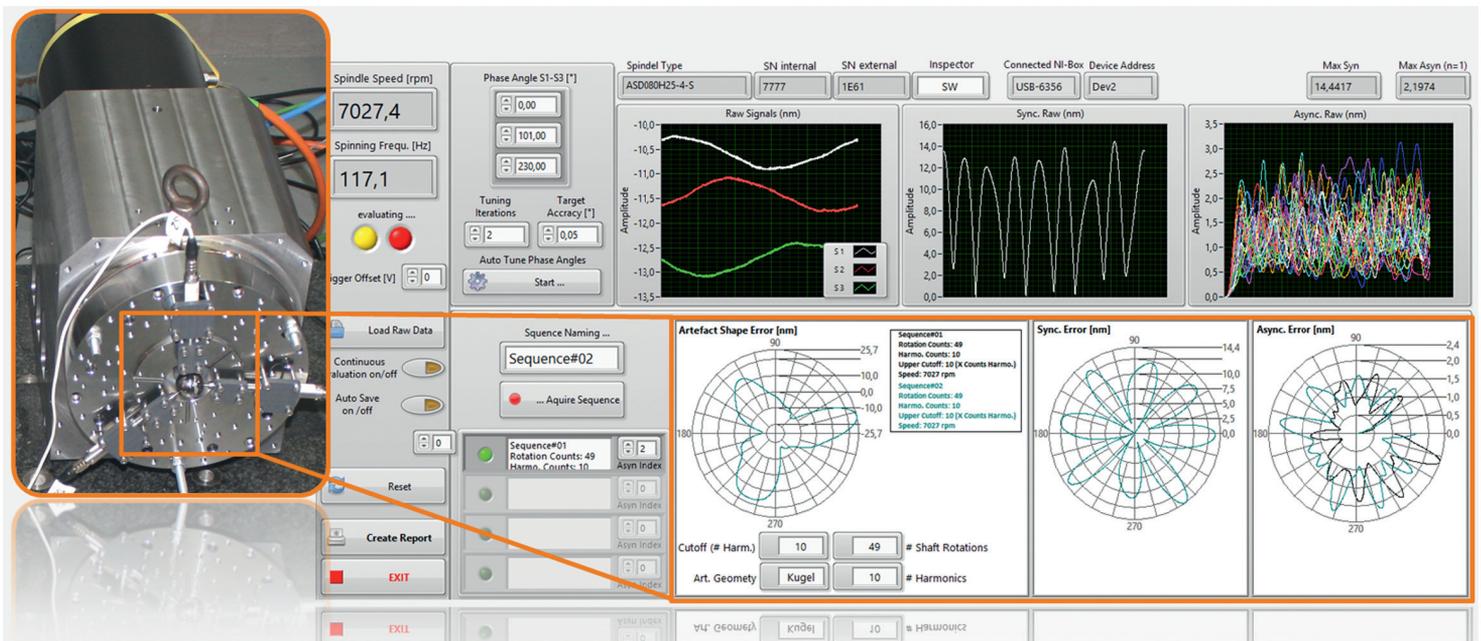
Die größte Verschiebung der Wellenrotationsachse von einer idealen in eine radiale oder axiale Richtung wird als Rotationstreue (Error-Motion) definiert. Die ideale Rotationsachse ist hierbei diejenige, bei welcher das Mittel aller Abweichungen am kleinsten ist. Spindelfehler können als Synchronfehler und Asynchronfehler unterschieden werden.

- » Synchronfehler: Wiederholen sich bei der Wellenrotation an der gleichen Winkelposition.
- » Asynchronfehler: Sind nicht wiederholbar.

Der Rundlauffehler (Fundamentale), als perfekter Kreis im Fehlerdiagramm darstellbar, entspricht einem exzentrisch eingespannten Artefakt bzw. Werkzeug und ist somit kein Spindel-, sondern ein Werkzeugfehler.

Somit gilt für die Rotationstreue (Error-Motion) in radialer Richtung:

$$\sum \text{Synchronfehler} + \sum \text{Asynchronfehler} - \text{Fund. (Rundlauf)}$$



Automatische Fehlertrennung

Die Messung zur radialen Rotationstreue geschieht gegen die Welle selbst oder gegen ein mit rotierendes Objekt, wie zum Beispiel ein Werkzeug oder noch besser den Äquator einer Kugel. Die Formfehler des angemessenen Objektes sind jedoch wiederholbar und werden somit als Synchronfehler identifiziert.

Zwar gibt es Methoden für eine Trennung dieser Fehler durch eine Umorientierung von Sensoren und Artefakten, diese sind jedoch zeitaufwendig und fehlerbehaftet.

Unsere Lösung:

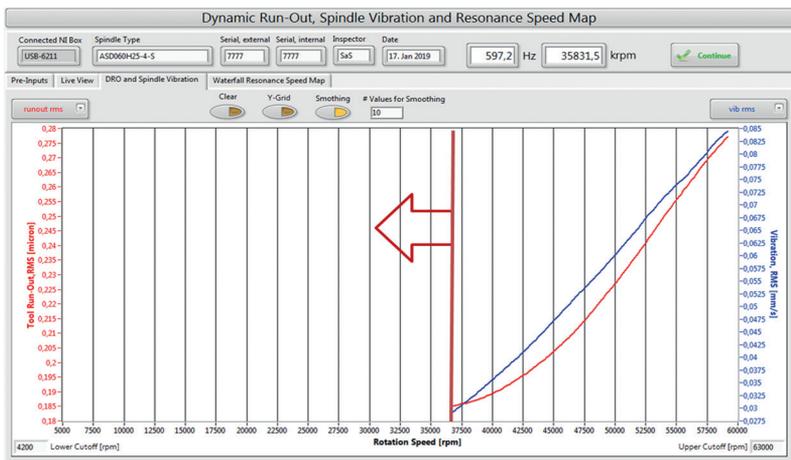
Unter Verwendung von drei senkrecht zur Rotationsachse orientierten Abstandssensoren und komplex transformierten Berechnungsmethoden im Frequenzspektrum, hat Levicron mit „ShakesBear Hamlet“ ein Komplettsystem entwickelt, welches Synchron- und Artefaktformfehler direkt während der Messung trennt, ermittelt, darstellt und protokolliert.

Dynamischer Werkzeugrundlauf, Resonanzkarten und axiale Dilatation

Othello, Module

Dynamischer Werkzeugrundlauf und Schwingschnelle über Drehzahl

Mittels eines kapazitiven Abstandssensors kann der Rundlauf mit 2 nm Auflösung und Abtastfrequenzen von 100 kHz für Drehzahlen bis zu 100.000 Upm zuverlässig ermittelt werden. Der Piezo-Masse-Beschleunigungssensor misst gleichzeitig die Schwingschnellen. Ein verbundener Trigger oder der mitgelieferte Laser-Phasensensor erkennt hierbei die Drehzahl und bezieht die gemessenen Werte auf diese zu einem zusammenhängenden Graphen.



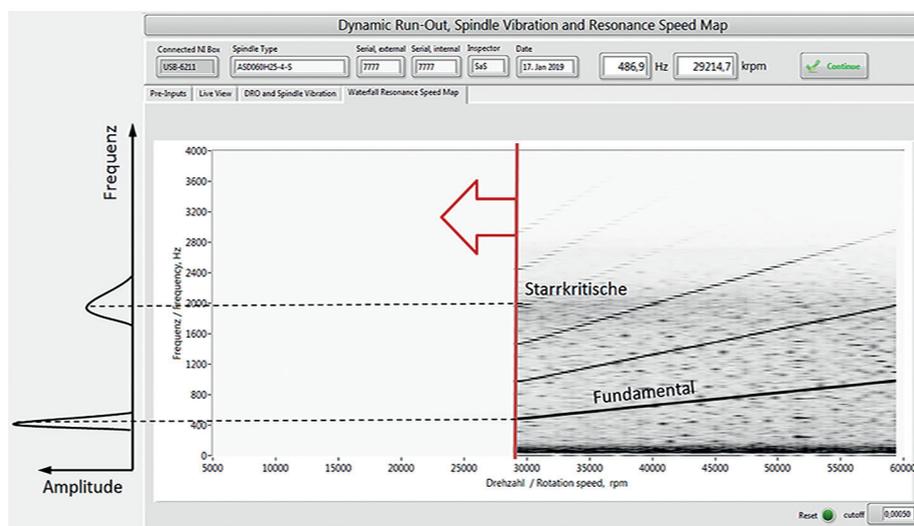
Resonanz- und Eigenfrequenzkarten

Aufgrund der hohen Auflösung erfasst der Abstandssensor bzw. der Beschleunigungssensor nicht nur die Amplitudenwerte bei der jeweiligen Drehfrequenz, sondern bei allen bis zu einer Grenzfrequenz von 4 kHz.

Demnach sind bei der jeweiligen Drehzahl auch Schwingungen über den gesamten Frequenzbereich mess- und darstellbar. Die Resonanz- und Eigenfrequenzkarte erstellt ein FFT-Spektrum kontinuierlich über die Drehzahl, reiht diese drehzahlgeordnet aneinander (Wasserfall-FFT) und betrachtet diese von oben.

Die Spitzen sind dunkel und die Täler hell dargestellt (siehe Diagramm unten). Dies erlaubt die Identifikation von Spindel- und Systemeigenfrequenzen mit der Fundamentalen (Drehfrequenz) als Anregende. Ein Kreuzen der Fundamentalen mit einer der Systemeigenfrequenzen kann als zu vermeidende Resonanz identifiziert werden. Zur Identifikation von Eigenfrequenzen, welche dominant durch die Spindel verursacht werden, wird der Abstandssensor als Quelle genutzt.

Mit dem Beschleunigungssensor als Quelle können hingegen Eigenfrequenzen des gesamten Systems erfasst werden. Dies wird mit der Spindel als anregende Quelle und der Drehfrequenz als Fundamentale erreicht. Der Beschleunigungssensor kann hierfür in beliebiger Richtung und an beliebiger Stelle im System (Maschine) messen.



Axiale Wellendilatation, Temperatur und Drehzahl über Zeit

Eine axiale Ausrichtung des Abstandssensors gegen die Welle oder ein Werkzeug erlaubt die Erfassung der axialen Position der angemessenen Fläche über die Zeit. Durch einen frei platzierbaren Temperatursensor kann gleichzeitig die Temperatur an dieser oder an einer anderer Stelle gemessen werden.

Mit einem angeschlossenen Drehzahltrigger oder dem mitgelieferten Laser-Phasengeber kann parallel die Drehzahl erfasst werden. Dies erlaubt die Messung der zeitlichen Änderung der axialen Wellenposition, der anliegenden Drehzahl und der Temperatur über Zeit.

Hammerschlagspektrum, Schleppzeigerinstrument und Spindel-/ Maschinendatenbank

2-Kanal-FFT mit Peak-Hold (Hammerschlagspektrum)

Mit den eingesetzten Beschleunigungssensoren oder den kapazitiven Abstandssensoren als Quelle bietet das FFT-Modul ein einfach zu bedienendes Werkzeug, um Amplituden des Frequenzspektrums und damit kritische Frequenzen grafisch darzustellen. Mit der integrierten Peak-Hold-Funktion kann das Hammerschlag- bzw. Impulsantwortspektrum, bei stehender Spindel und einem Impuls gegen die Spindelwelle, ermittelt werden und gibt direkten Aufschluss über die Spindelfrequenzen.

Der Impuls kann hierbei als Zusammensetzung unendlich vieler Harmonischer angesehen werden, wobei hiermit jede Frequenz im Spektrum angeregt wird und Resonanzfrequenzen als Überhöhungen sichtbar werden.

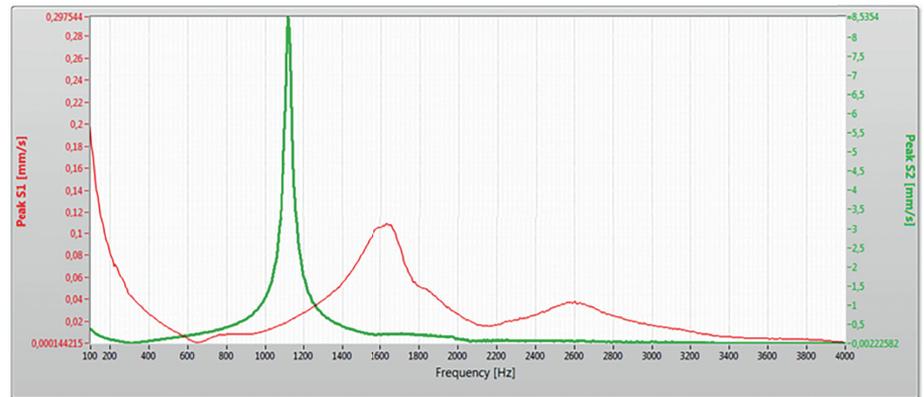


Levicron GmbH, Sauerwiesen 6, D-67661 Kaiserlautern, info@levicron.com, +49 (0) 6301-66800-0, www.levicron.com

Spindle Details:

Spindle Type	ASD060H25A-2-ST
Serial	1414
Serial, internal	0415
Customer	LCR
Inspector	RD
Date	07.08.2019, 09:51

Impulse Response FFT:



Spindel-/ Maschinendatenbank

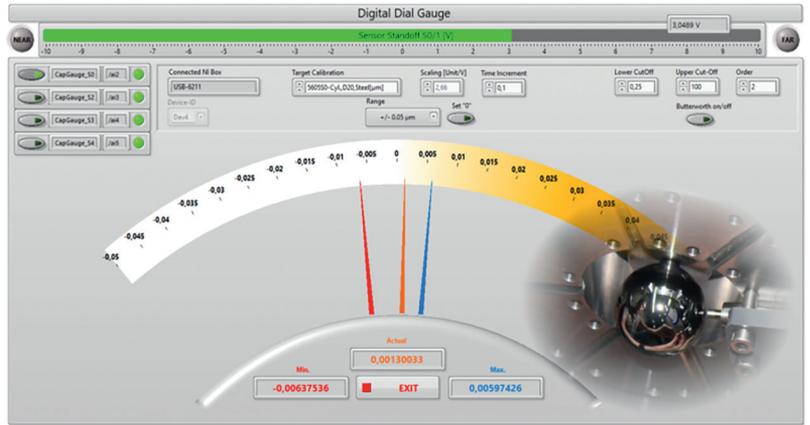
Insbesondere für eine Zertifizierung, zum Beispiel gemäß ISO9001/9002, müssen Messergebnisse zur jeweiligen Produktseriennummer nachverfolgbar und wieder aufrufbar sein.

Aus diesem Grunde gibt es zu allen Spindeln und Maschinendynamikanalysesystemen eine Datenbank, welche alle Messergebnisse sowohl als Protokoll als auch Rohdaten speichert.

Hierzu wird eine Ordnerstruktur für die jeweilige Seriennummer in einem anzugebenden Pfad erstellt, wo die Daten hinterlegt werden. Bei einem Wiederaufruf der jeweiligen Produktseriennummer sind diese Daten jederzeit verfügbar.

4-fach digitales Schleppzeigerinstrument

Zur Einrichtung der kapazitiven Abstandssensoren und zur radialen Ausrichtung des Messartefaktes ist ein digitales Schleppzeigerinstrument enthalten, welches das simultane Einmessen von bis zu vier Sensoren erlaubt. Das Schleppzeigerinstrument kann zum Beispiel auch genutzt werden, um den statischen Werkzeuggrundlauf zu messen.



Überblick ShakesBear

ShakesBear, Hamlet

Das Spindelanalysekomplettsystem „ShakesBear Hamlet“ wurde explizit zur Bestimmung der Rotationstreue (Error-Motion) eines rotierenden Systems entwickelt.

Mit vier hochauflösenden und schnell abtastenden Abstandssensoren wird die radiale und axiale Rotationstreue mit automatischer Fehlertrennung von Spindelsynchron- und Artefaktformfehler in einer Messung bestimmt, aufgezeichnet und als Bericht und Rohdaten gespeichert.

Gerne bieten wir Ihnen dazu maßgeschneiderte Anbindungsadapter für das zu untersuchende Spindelsystem an.

ShakesBear, Othello

Das Spindelanalysekomplettsystem „ShakesBear Othello“ wurde für den Einsatz bei Maschinenherstellern entwickelt, welche Spindeleigenschaften im eigenen Prüffeld oder im mobilen Einsatz bei Endkunden prüfen möchten.

Neben den Spindeleigenschaften sind mit diesem Analysesystem auch Untersuchungen am Gesamtsystem integriert, welche Aufschluss über die Maschineneigenfrequenzen mit der Spindel als Anregende geben. Mit optionalem Raspberry Pi und Touchscreen, anstelle eines PC-Anschlusses, ist dieses System bestens für einen mobilen Einsatz gerüstet.

Gerne bieten wir Ihnen dazu maßgeschneiderte Anbindungsmöglichkeiten für die zu untersuchende Maschinenspindel.

Datenblatt ShakesBear Hamlet und Othello

		ShakesBear Hamlet	ShakesBear Othello
Allgemein	Stromanschluss mit Absicherung	240 VAC	240 VAC
	Integrierter PC, Touchscreen	n.v.	n.v.
	USB 2.0 (oder höher) Anschluss	ja	ja
A/D Wandlung	Auflösung	16 bit	16 bit
	Kanäle	8	8
	Kanalart	differenziell	differenziell
	Abtastrate pro Kanal	1,25 MS/s	250 ks/s
	Signalart	+/- 10V	+/- 10V
Abstandssensorik	Messprinzip	kapazitiv	kapazitiv
	Arbeitsabstand	50 µm	50 µm
	Messauflösung	1,7 nm	1,7 nm
	Abtastfrequenz	100 kHz	100 kHz
	Sensorenanzahl	4	1
Beschleunigungssensorik	Messprinzip	Piezo-Masse	Piezo-Masse
	Grenzfrequenz	18 kHz	18 kHz
	Empfindlichkeit	1 V/g	1 V/g
	Sensorenanzahl	0	1 (2 optional)
Softwaremodule	Spindel-/ Maschinendatenbank	X	X
	Serveranbindung	X	X
	Dyn. Rundlauf, Schwingschnelle und Resonanzkarte		X
	Axiale Dilatation, Temperatur und Drehzahl über Zeit		X
	FFT-Impulsantwort		X
	Dig. Schleppzeigermodul (Abstandssensoren)	X	X
	Spindle Error Analysis (SEA), radial	X	
Spindle Error Analysis (SEA), axial	X		



Levicron GmbH | Clara-Immerwahr-Str. 2
67661 Kaiserslautern, Germany
Phone: +49 (0) 6301 - 66 800 - 0 | <https://levicron.com> | E-Mail: info@levicron.com