

# Inspektions- und Analyselösungen für Werkzeugmaschinen



**Zum Verständnis** der  
wahren Bedeutung  
von **Präzision**

# Inhalt

## 03 Einführung

Linearachsenmessung

## 04 Position Inspector

## 06 Position Analyzer

Rundachsenmessung

## 08 Rotary Inspector

## 10 Rotary Analyzer

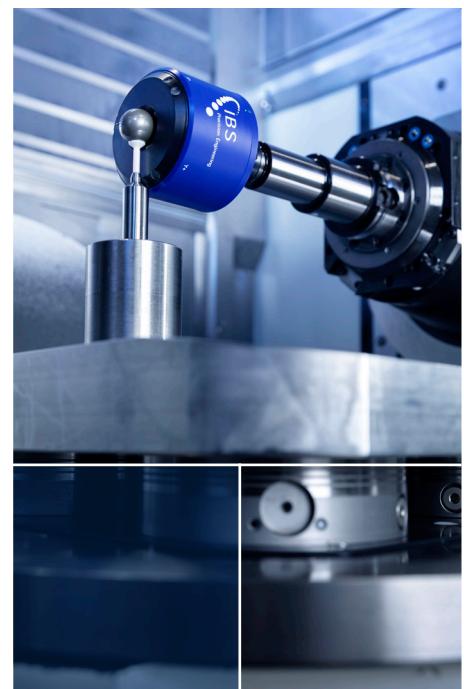
Spindelmessung

## 12 Spindle Inspector

## 13 Spindle Analyzer

Kabelloser Messkopf

## 14 Kabelloser Messkopf-Vergleich



# Einführung

**Unser Inspektions- und Analyse-Serie für Werkzeugmaschinen bietet eine Reihe von Produkten zur Gewährleistung von Sicherheit und Kontrolle durch die Garantie, dass Ihre Maschine innerhalb der Spezifikation liegt. Wenn Sie präzise Messungen, schnelle Ergebnisse und greifbare Verbesserungen benötigen. Eine Serie von sechs Optionen bietet Lösungen für die Messung der Genauigkeit der linearen Achse, der Rundachse und der Spindel. Kompensation ist für lineare Achsen und Rundachsen verfügbar.**

## Inspector-Serie

- **Geschwindigkeit:** Maschineninspektion mit Mikrometergenauigkeit und darunter in wenigen Minuten
- **Einfachheit:** Automatisierte Messung nach ISO-Normen
- **Absicherung:** Digitale Qualitätsberichte und interaktiver Verlauf
- **Steuerung:** Toleranzestellung und optionale Kompensation

## Analyzer-Serie

- **Leistungsfähigkeit:** Tiefgreifende Messung und Diagnose
- **Flexibilität:** Benutzerdefinierte Maschinenanalyse
- **Genauigkeit:** Von Mikro- zu Nanometern
- **Geschwindigkeit:** Komplexe Messungen in wenigen Minuten

	LINEAR AXIS	LINEAR- & RUNDACHSEN	SPINDLE
 Inspector-Serie	 04	 08	 12
 Analyzer-Serie	 06	 10	 13

# Position Inspector



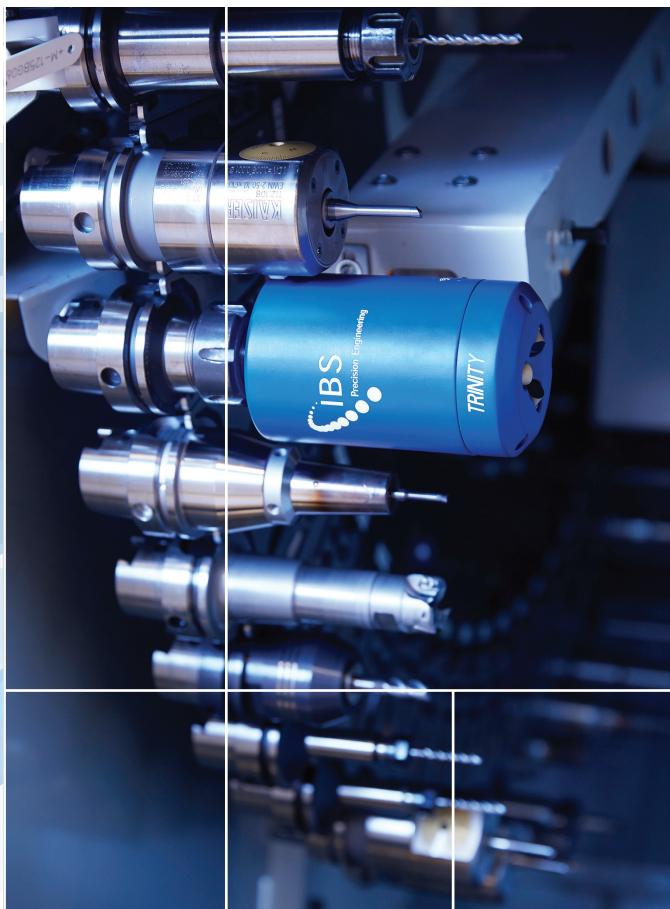
**Das Messsystem Position Inspector liefert schnelle und präzise Messungen für die Positionierungsgenauigkeit der Linearachsen Ihrer Maschine.**

## Was ist ein Position-Inspector-Linearachsentest?

Der Position Inspector besteht aus einem kreuzförmigen Artefakt, das auf dem Maschinentisch platziert wird, und einem kabellosen Messkopf, der in die Spindel eingeführt wird. Das Artefakt besteht aus 13 Präzisionskugeln, deren Position mit einer Genauigkeit im Submikrometerbereich bekannt ist. Das Kreuz wird auf zwei lineare Achsen der Maschine ausgerichtet, und die Maschine wird angewiesen, den Messkopf in einer bestimmten Reihenfolge zu jeder der Kugeln zu bewegen. Der Messkopf misst den Fehler, der bei der Positionierung des Messkopfs in X-, Y- und Z-Richtung auftritt, und berechnet so die linearen Achsenfehler. Das Artefakt kann auf einer Palette montiert und der Messkopf in der Werkzeugwechsler platziert werden.

## Was sind die Vorteile eines Position-Inspector-Linearachsentests?

In der Regel werden zur Kalibrierung der Linearachsen von Werkzeugmaschinen Laserinterferometer eingesetzt. Obwohl diese Instrumente bekannt sind und verwendet werden, ist die erforderliche Messzeit für Anwendungen in der Industrie problematisch. Hinzu kommt, dass solche Messungen in der Regel nicht automatisiert werden können, einen Experten erfordern und Schutzabdeckungen oft entfernt werden müssen, um Zugang zu erhalten. Der Position Inspector wurde entwickelt, um diese Probleme zu überwinden und eine schnelle, automatische Methode zur Kalibrierung von Maschinen-Linearachsen zu bieten. Messungen erfolgen gemäß internationalen Normen (ISO 230). Die Ergebnisse werden in einem digitalen Qualitätsbericht sowie in einer interaktiven Verlaufsfunktion dargestellt.





## Einzigartige Stärken des Position Inspectors:

- Sofortige Qualifizierung der Genauigkeit der Werkzeugpositionierung (für Endproduktkonformität)
- Hochleistungsmessung mit 0,2 µm Auflösung
- Vollständige Messung der X-, Y- und Z-Achsen innerhalb von 5 Minuten
- Positionierung, Geradheit, Rechtwinkligkeit und Umkehrfehler von Linearachsen (ISO 230-1,-2), einschließlich Kompensationstabellen
- Maschinenspezifische Schwellenwerte die festlegen, wann die Maschine außerhalb der Toleranz liegt
- Datennachverfolgung für die prädiktive Wartungsplanung
- Automatisierte Kompensationstabellen ermöglichen Korrekturmaßnahmen zur Vermeidung von Produktverschwendungen
- Geeignet für 3-, 4- und 5-Achsen-Maschinen

### Im Lieferumfang des Position-Inspector-Kit enthalten:

Das Position-Inspector-Kit enthält einen kabellosen Trinity-Messkopf und ein Batterieladegerät. Ein rückführbares kreuzförmiges Artefakt wird mit einem Kalibrierungszertifikat geliefert. Die Position Inspector Software ist im Lieferumfang enthalten. Für eine schnelle Integration steht eine Standard-NC-Programmbibliothek für alle wichtigen Maschinenkonfigurationen und Steuerungen zur Verfügung. Die gewünschten Programme aus dieser Bibliothek werden mit dem Kit geliefert. Technische Daten für den Messkopf siehe Seite 14.





# Position Analyzer

**Wenn Sie eine eingehende Analyse und Diagnose der Linear Achsen Ihrer Werkzeugmaschinen benötigen, bietet Ihnen der Position Analyzer die erforderlichen Messfunktionen mit der Flexibilität, sich an die spezifischen Anforderungen Ihrer Maschinen anzupassen.**

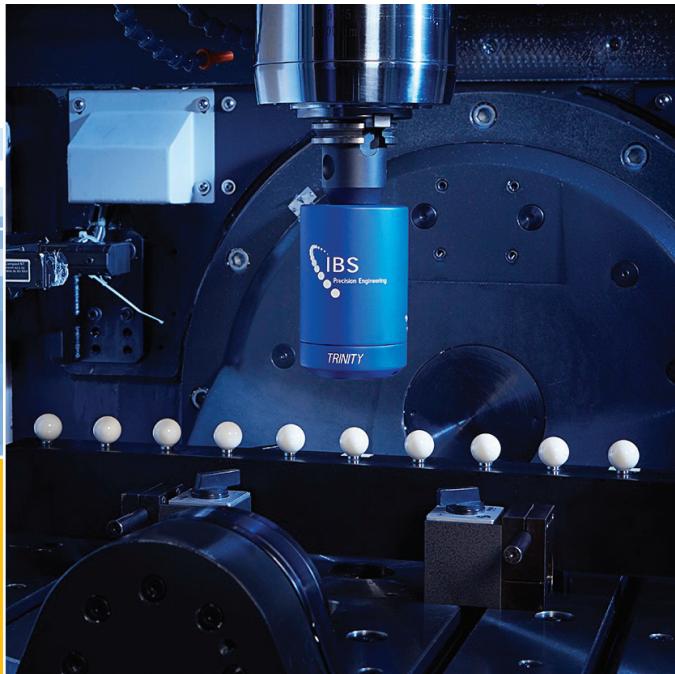
## Was ist ein Position-Analyzer-Linearachsen-Test?

Der Position Analyzer besteht aus einem Kugelbalken-Artefakt, das auf dem Maschinentisch platziert wird, und einem kabellosen Messkopf, der in die Spindel eingeführt wird. Das Artefakt enthält eine Reihe von Kugeln, deren Position mit einer Genauigkeit im Submikrometerbereich bekannt ist. Alternativ können maßgeschneiderte Artefakte für spezielle Maschinenanwendungen geliefert werden. Das Artefakt kann in beliebiger Ausrichtung in der Maschine positioniert werden. Die Maschine wird angewiesen, den Messkopf zu jeder der Kugeln in einer vom Benutzer festgelegten Reihenfolge zu bewegen. Der Messkopf misst den Fehler, der bei der Positionierung des Messkopfs in X-, Y- und Z-Richtung auftritt, und berechnet die linearen Achsenfehler entsprechend dem festgelegten Test.

## Was sind die Vorteile eines Position-Analyzer-Linearachsen-Tests?

Der Position Analyzer wurde als Schwesterprodukt zum Position Inspector für Anwendungen entwickelt, bei denen Maschinengröße oder -layout ein speziell definiertes Messartefakt erfordern. Der Position Analyzer bietet alle Vorteile einer schnellen Messung und einer Genauigkeit im Submikrometerbereich, ähnlich wie der Position Inspector. Die Verwendung von alternativen Artefakten und Ausrichtungen ermöglicht jedoch einzigartige Maschinenmessungen. Das System bietet ein einfaches, aber leistungsfähiges Prinzip zur Messung von 3D-Positionierungs- und Geradheitsfehlern der Maschine gemäß ISO 230 und vieles mehr mit umfassenden Diagnosefunktionen.

Ein großer Messbereich ermöglicht einfache Einrichtung ohne komplexe Ausrichtungsvorgänge. Die Artefaktmessung ist in wenigen Minuten abgeschlossen.





## Einzigartige Stärken des Position-Analyzers:

- Schnelle und umfassende Bestimmung der volumetrischen Positionierungsgenauigkeit der Maschine
- Gleichzeitiges Messen von Positions- und Geradheitsfehlern
- Vom Kunden definierte Artefakte und Messungen
- Einfache Definition von benutzerdefinierten Messprotokollen für eine tiefgreifende Maschinencharakterisierung, wie z.B. Umkehrfehler, Beurteilung des Umkehrspiels
- Einfache automatisierte Einrichtung bietet eine Genauigkeit, die mit einem Laser-Interferometer vergleichbar ist
- Messung gemäß den Normen ISO 230 und 12780
- Vollständiges und tragbares System

## Im Lieferumfang des Position-Analyzer-Kit enthalten:

Das Position-Analyzer-Kit enthält einen kabellosen Trinity-Messkopf und ein Batterieladegerät. Ein kalibriertes Artefakt wird zusammen mit einem Kalibrierungszertifikat und Montagezubehör geliefert. Der Messkopf und das Artefakt werden in einem Reisekoffer geliefert. Die Position Analyzer Software ist im Lieferumfang enthalten. Technische Daten für den Messkopf siehe Seite 14.



## Position Analyzer Kugelbalken

Für den Position Analyzer ist eine Reihe von Standard-Kugelbalken erhältlich. Alternativ können Artefakte auch auf Bestellung angefertigt werden. Der Standard-Kugelbalken besteht aus Präzisionskugeln mit 22 mm Durchmesser. Die Anzahl und die Abstände der Präzisionskugeln können je nach Anwendung ausgewählt werden.

## Standardmäßig erhältliche Kugelbalken

Kugelbalken	Nennlänge	Anzahl an Kugeln	Kugelabstand	Balkenmaterial*
MTB-500SC	500 mm	11	50 mm	Siliziumkarbid
MTB-1000SC	1000 mm	21	50 mm	Siliziumkarbid
MTB-1500SC	1500 mm	16	100 mm	Siliziumkarbid

\* Siliziumkarbid (Kohlefaser auf Anfrage verfügbar)



# Rotary Inspector



Die Qualifizierung der Leistung von 5-Achsen-Maschinen kann komplex sein. Das Messsystem Rotary Inspector bietet eine revolutionäre Methode zur Vereinfachung dieses Prozesses; ermöglicht eine schnelle Bewertung und Korrektur der gesamten 5-Achsen-Kinematik.

## Was ist ein Rotary-Inspector- Rundachsentest?

Der Rotary Inspector besteht aus einer Masterkugel, die auf dem Maschinentisch platziert wird, und einem kabellosen Messkopf, der in die Spindel eingeführt wird. Die Maschine erhält den Befehl, die erste Rundachse zu drehen, während zwei Linearachsen folgen. Der Messkopf in der Spindel stellt die Werkzeugbahn und die Master-Kugel das Werkstück dar. Der Messkopf misst den relativen Positionierungsfehler in X, Y und Z am Tool Center Point (TCP). Dieser 3-Achsen-Test wird für die zweite Achse wiederholt, gefolgt von einem vollständigen 5-Achsen-Test. Rundachsendrehpunkt- und Rechtwinkligkeitsfehler sowie die volumetrischen und dynamischen 5-Achsen-Fehler werden über das gesamte 3D-Volumen der Maschine gemessen. Eine automatische Kompensation ist als Option erhältlich.





## Was sind die Vorteile eines Rotary-Inspector-Rundachsentests?

Messtastermessungen werden üblicherweise zur Korrektur von Fehlausrichtungen von Drehachsen verwendet. Diese statischen Messungen stellen jedoch nicht den tatsächlichen dynamischen Fehler der Maschine dar. Alternative Lasermessungen sind schwierig und langsam. Die Messung mit dem Rotary Inspector ist vollautomatisch und in weniger als einer Minute abgeschlossen. Die Messung mit dem Rotary Inspector zeigt die tatsächliche Werkzeugbahn und weist auf andere Fehlerquellen wie Reglereinstellungen, dynamische Instabilitäten oder Probleme mit der Lagerleistung hin. Schnelle Messungen ermöglichen die Verfolgung der Fehlerentwicklung im Laufe der Zeit, wie z. B. thermische Verformung oder unmittelbare Auswirkungen von Wartungsmaßnahmen. Ein digitaler Qualitätsbericht wird sofort erstellt und enthält Qualitätskennzahlen (KPIs) für den geometrischen Fehler der Maschine (Q-Wert) und den dynamischen Fehler (P-Wert).

## Im Lieferumfang des Rotary-Inspector-Kit enthalten:

Das Rotary Inspector Kit enthält einen kabellosen Trinity-Messkopf, ein Batterieladegerät, eine Master-Kugel und Montagezubehör sowie einen Reisekoffer. Die Rotary Inspector Software ist im Lieferumfang enthalten. Eine Standard-NC-Programmbibliothek steht für alle wichtigen Maschinenkonfigurationen und Steuerungen zur Verfügung. Die gewünschten Programme werden mit dem Kit geliefert. Technische Daten für den Messkopf siehe Seite 14.

## Einzigartige Stärken des Position Inspectors:

- Dynamische 5-Achsen-Messung (ISO 10791-6)
- Messzeit < 1 min
- Rundachsen-Schwenklinie und Rechtwinkligkeitsfehler werden sofort berechnet
- KPIs: Der Q-Wert gibt den geometrischen Fehler (Mikrometer) an, der zu Formfehlern des Produkts führt. Der P-Wert gibt den dynamischen Fehler (Mikrometer) an, der zu Oberflächenfehlern führt.
- Digitaler Qualitätsbericht
- Status- & Trenddaten: Maschinen-, Gruppen-, Zellen- oder Fabriksebene
- Automatisierter Prozess mit Toleranzinstellungen pro Maschine
- Optionaler automatischer Fehlerausgleich der Achsen



# Rotary Analyzer



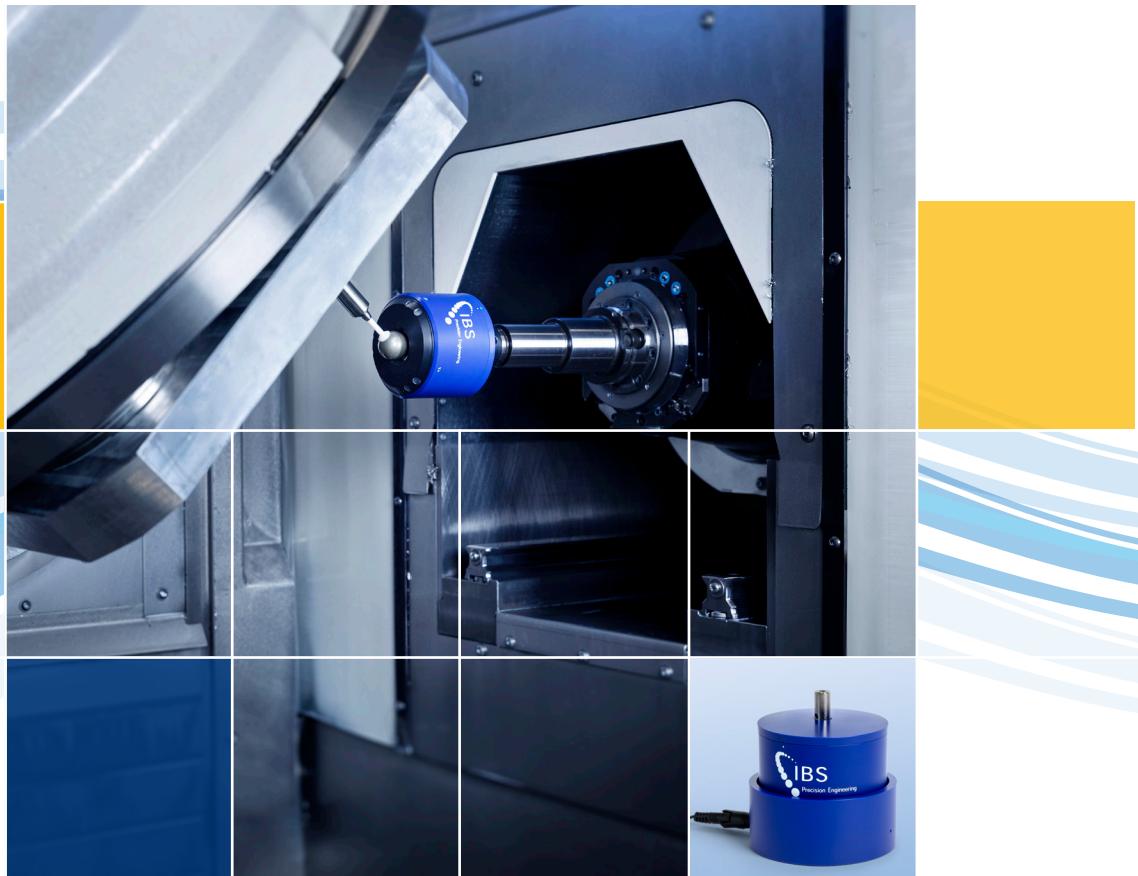
Für die umfassende Analyse und Diagnose von 5-Achsen-Werkzeugmaschinen gibt Ihnen der Rotary Analyzer die volle Leistungsfähigkeit in die Hand.

## Was ist ein Rotary-Analyzer-Achsentest?

Der Rotary Analyzer besteht aus einer Masterkugel, die auf dem Maschinentisch platziert wird, und einem kabellosen Messkopf, der in die Spindel eingeführt wird. Die Maschine erhält den Befehl, einen benutzerdefinierte 3-, 4-, oder 5- Achsen-Test durchzuführen. Wie beim Rotary Inspector misst der Messkopf die relative Abweichung zum Masterball. Dabei repräsentiert der Messkopf den Tool Center Point (TCP) und der Masterball das Werkstück. Auf diese Weise werden die Fehler in der Bearbeitungsbahn in X-, Y- und Z-Richtung gemessen und visualisiert. Die Masterkugel kann auf einer Palette montiert und der Messkopf in der Werkzeugwechsler platziert werden.

## Was sind die Vorteile eines Rotary-Analyzer-Rundachsen-Tests?

Der Rotary Analyzer wurde als Schwesterprodukt des Rotary Inspector für Anwendungen entwickelt, bei denen maschinenspezifische Tests und eingehende Analysen erforderlich sind. Der Rotary Analyzer bietet alle Vorteile des Rotary Inspectors, wie schnelle Messungen und Genauigkeit im Submikrometerbereich. Die Rotary-Analyzer-Software kann einfach programmiert werden, um eine Reihe von benutzerdefinierten Tests einschließlich ISO-Standardmessungen durchzuführen. Es können sowohl statische als auch dynamische Tests durchgeführt werden. Eine Reihe von Analyseoptionen ermöglicht eine eingehende Charakterisierung der Werkzeugmaschinenleistung. Entwickler von Werkzeugmaschinen und professionelle Wartungsdienstleister können die Leistung mehrerer Maschinen in Echtzeit quantifizieren. Maßgeschneiderte Maschinenabnahmetests können entwickelt und Messungen in wenigen Minuten durchgeführt werden.





## Einzigartige Stärken des Rotary Analyzers:

- Messung beliebiger mehrachsiger Maschinenbewegungen in 3D
- Sowohl statische als auch dynamische Messungen mit einer Genauigkeit im Submikrometerbereich (gemäß ISO 10791-6)
- Dynamische Analyse einschließlich FFT (Fast-Fourier-Transformation) und Polardiagramme
- Datenvergleich (Maschine zu Maschine, statisch versus dynamisch, usw.)
- Optionen für den Export von Messdaten
- Kalibrierung der Position und Rechtwinkligkeit des Drehtisches, sowohl statisch als auch dynamisch
- Vollständiges und tragbares System

### Im Lieferumfang des Rotary-Analyzer-Kit enthalten:

Das Rotary-Analyzer-Kit enthält einen kabellosen Trinity-Messkopf, ein Batterieladegerät, eine Master-Kugel und Montagezubehör sowie einen Reisekoffer. Die Rotary-Analyzer-Software ist im Lieferumfang enthalten. Technische Daten für den Messkopf siehe Seite 14.



# Integrated Spindle Inspector



IBS verfügt über mehr als 30 Jahre Erfahrung bei der Messung der Spindelleistung für anspruchsvolle Anwendungen. Für Spindelentwickler bietet der Integrated Spindle Inspector Genauigkeit, Geschwindigkeit und eine intelligente Messlösung, die einfach in Ihre Spindel und Ihre Steuerungssysteme integriert werden kann.

## Was ist ein Spindle-Inspector-Test?

Die Spindeln müssen in X-, Y- und Z-Richtung richtig drehen, um gute Teile herzustellen. Rundlauf- oder Ausdehnungsfehler in eine dieser Richtungen können zu schlechten Teilen oder teuem Werkzeugverschleiß und -bruch führen. Bei dieser integrierten Lösung sind Sensoren in die Spindel selbst eingebaut und messen gleichzeitig den Rundlauf der Maschinenspindel in X-, Y- und Z-Richtung. Die Sensoren sind um die Spindel herum verteilt und messen gegen einen an der Spindel befestigten Drehring. Axiale und radiale Fehlerbewegungen werden bei 15 kHz mit bis zu 5 Sensoren und 65-nm-Auflösung gemessen.

## Was sind die Vorteile eines Spindle-Inspector-Tests?

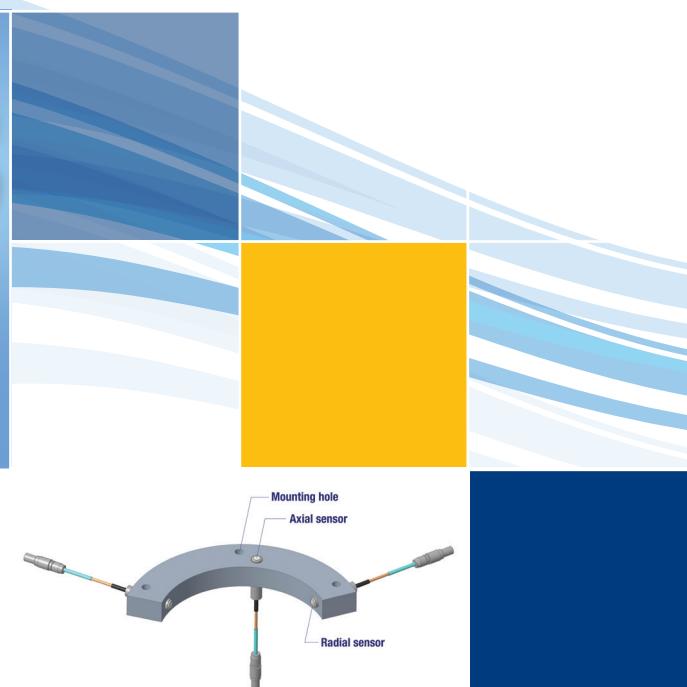
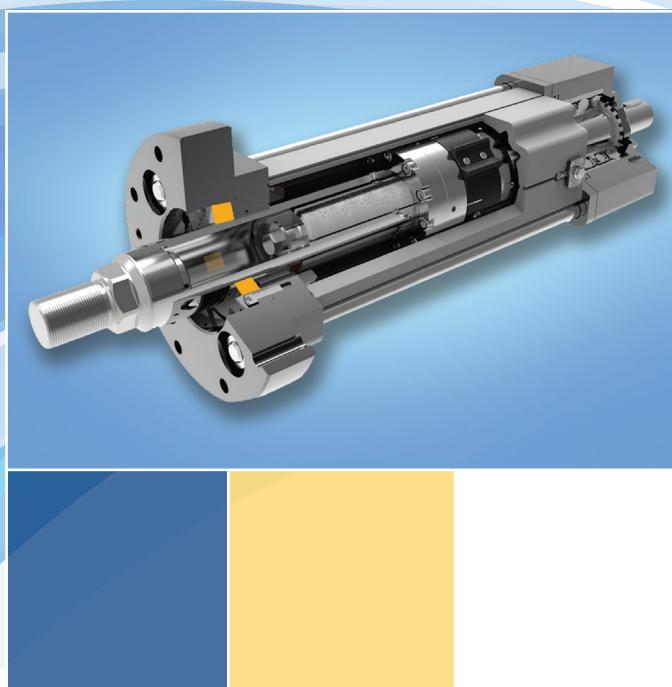
Die direkte Integration der Spindelmessdaten in ein Steuerungssystem ermöglicht die Überwachung der Leistung Ihrer Spindel in Echtzeit. Die Sensoren und die Elektronik sind so konzipiert, dass sie eine minimale Grundfläche benötigen, um Platz zu sparen und in den verfügbaren Bereich zu passen. Die Sensoren sind unempfindlich gegenüber Verunreinigungen

wie Öl und Maschinenkühlmittel und halten einem Druck von bis zu 5 bar und einer Temperatur von bis zu 80° C stand. Die Präzision im Submikrometerbereich bedeutet, dass selbst kleinste Fehler zuverlässig erkannt werden können. Jeder Sensorkanal hat einen digitalen EtherCat-Ausgang, kann aber auch mit RS485 oder SPI oder einem Analogausgang konfiguriert werden.

## Einzigartige Stärken des Spindle Inspectors:

- Messung der dynamischen Spindelleistung bis zu 100.000 UpM
- Berührungslose Hochleistungsmessung mit 65-nm-Auflösung bei 15 kHz
- In die Spindel oder das Gehäuse integrierte Sensoren, die 5 bar und 80°C standhalten
- Optionen 1 (nur Z), 3 (X,Y,Z) oder 5 Sensoren (X,Y,Z Neigung)
- Späne, Vibrations- und Lagereffekte werden erkannt
- Vibrationen 2g kontinuierlich; 5g maximal

Spindle-Inspector-Lösungen werden auf Bestellung für Spindelentwickler hergestellt.



# Spindel-Analyzer-Systeme



Für eine eingehende Bewertung der Spindelgenauigkeit und -leistung auf Nanometerebene bietet IBS zwei komplementäre Spindle-Analyzer-Systeme an:

## Spindle Check Analyzer

Der Spindle Check Analyzer ist für den Werkstatteinsatz konzipiert, wo regelmäßige und rasche Prüfungen erforderlich sind.



## Spindle Error Analyzer

Für Werkzeugmaschinenhersteller und andere erfahrene Anwender bieten wir auch den Spindle Error-Analyzer an. Dies bietet zusätzliche Mess- und Analysemöglichkeiten für weitere detaillierte Bewertungen.



	Spindle Check Analyzer	Spindle Error Analyzer
<b>Messmöglichkeiten</b>		
Anzahl der Achsen (Kanäle)	3	Bis zu 5
Temperatursensoren	Keine	7
Abtastungen pro Umdrehung	Automatisch (Geschwindigkeitsabhängig)	1-5000
Angezeigte Umdrehungen	32	1-500
Encodergesteuerte Abtastoption	Nein	Ja
Höchste verfügbare Auflösung	10nm	<1nm
<b>Durchgeführte Tests</b>		
Axial	√	√
Radial - feststehend empfindlich & drehend empfindlich	√	√
FFT (Fast-Fourier-Transformation)	√	√
Thermaler Drift	√	√
Kippen	-	√
Umkehrung	-	√
Verschiebung gegen UpM	-	√
<b>Tragbar</b>		
Koffergröße	46 x 33 x 18 cm	81 x 61 x 36 cm
Koffergewicht	8 kg	39kg

# Kabelloser Trinity & Trinity<sup>m</sup> Messkopf-Vergleich

| Patentgeschützt

Unsere Inspektions- und Analysesysteme für Werkzeugmaschinen bieten eine Reihe von Messsystemen, die gewährleisten, dass Ihre Maschine innerhalb der Spezifikationen liegt. Die Positions- und Rotary INSPECTOR und ANALYZER verwenden die patentierten kabellosen Trinity- und Trinity<sup>m</sup>-Messkopfsysteme für die Messung von Linear- und Drehachsen. Im Gegensatz zu anderen Systemen ermöglicht das einzigartige Design der Trinity-Messkopfsysteme die gleichzeitige Durchführung von berührungslosen X-, Y- und Z-Messung mit außergewöhnlicher Messgeschwindigkeit und Genauigkeit.

## Wie misst der Messkopf?

Eine einzelne Masterkugel oder eine lineare Anordnung wird auf dem Tisch platziert, und der Messkopf wird in der Spindel montiert. Der Weg des Messkopfs, der den Werkzeugmittelpunkt (TCP) darstellt, wird relativ zur Masterkugel gemessen, welche das Werkstück für 3-, 4-, 5- oder 6-Achsenbewegungen darstellt. Auf diese Weise werden die Fehler in der Fräsbahn in X-, Y- und Z-Richtung direkt gemessen und visualisiert.

## Trinity oder Trinity<sup>m</sup> Messkopf

Beide Messkopftypen ermöglichen die gleichzeitige, dynamische oder statische Messung von bis zu 6-Achsen-Systemen in weniger als einer Minute. Drehachsen-, Rechtwinkligkeits- und Linearitätsfehler werden sofort angezeigt. Reglereinstellungen,

dynamische Instabilitäten oder Probleme mit dem Lagerverhalten werden mit einer Messunsicherheit <1µm sichtbar gemacht. Die Wake-up-Funktionalität ermöglicht einen vollständig autonomen Betrieb.

Aufgrund der geringeren Stellfläche des Messkopfs kann das Trinity<sup>m</sup> auch in kleineren Maschinen eingesetzt werden. Außerdem bietet er eine höhere Genauigkeit (exportkontrolliert). Die Batterielebensdauer wurde durch einen Energiesparmodus verlängert. Zur Erhöhung der Sicherheit ist ein optionaler Not-Aus-Schalter erhältlich.

Das Trinity bietet einen größeren Messbereich, der für größere Maschinen geeignet sein kann, sowie eine WLAN-Verbindung (im Gegensatz zu Bluetooth). Einen vollständigen Vergleich finden Sie auf der nächsten Seite.



Kabelloser Messkopf Vergleich

## Die Trinity & Trinity<sup>m</sup> Messkopfsysteme bestehen aus:



### Trinity

- Kalibrierter Trinity-Messkopf
- Kabelloser Zugangspunkt
- Kabelloser USB-Receiver
- Master-Kugeln
- Befestigungsmagnet + Verlängerungsset
- 4 Akkus (3100 mAh) einschließlich Ladegerät & Adapter
- Transportkoffer



### Trinity<sup>m</sup>

- Kalibrierter Trinity<sup>m</sup>-Messkopf
- Bluetooth Dongle
- Master-Kugeln
- Befestigungsmagnet + Verlängerungsset
- Kabellose Ladestation
- Not-Aus-Schalter (optional)
- Transportkoffer

## Spezifikationen Messkopf

	Trinity	Trinity <sup>m</sup>
<b>Messbereich</b>	3.50 mm	2.00 mm
<b>Auflösung</b>	0.25 µm	0.2 µm
<b>Messrate</b>	2 kHz	2 kHz
<b>Messunsicherheit</b>	$U_{10} < 1,0 \mu\text{m}$ (innerhalb eines Bereichs von 1 mm)	$U_{10} < 1,0 \mu\text{m}$ (voller Bereich)
<b>Messzeit kontinuierlich</b>	17 Stunden	13 Stunden
<b>Lebensdauer Ruhemodus</b>	42 Stunden	100 Tage
<b>Drahtlos-Details</b>	2,4 GHz Frequenzbereich, 802.11b/g/n Standard, WPA2 - Sicherheit	2,4 GHz Frequenzbereich, Bluetooth 5.0, engagierte Bindung, 6-stellige PIN Sicherheit
<b>Messkopf-Montagestift</b>	$\varnothing = 16 \text{ mm}$	$\varnothing = 10 \text{ mm}$
<b>Abmessungen</b>	<b>Länge:</b> 135 mm; <b>Durchmesser:</b> 80 mm; <b>Gewicht:</b> 770 grams	<b>Länge:</b> 60 mm; <b>Durchmesser:</b> 80 mm; <b>Gewicht:</b> 325 grams

## Spezifikationen Masterkugel

Durchmesser (normal)	22 mm
Länge	75 mm

Trinity<sup>m</sup>: Für einige Länder kann aufgrund der Auflösung eine Exportlizenz erforderlich sein.

**IBS Precision Engineering BV  
(Head Office)**

Esp 201  
5633 AD Eindhoven, The Netherlands  
Telephone: +31 40 290 1270  
E-mail: [info@ibspe.com](mailto:info@ibspe.com)  
[www.ibspe.com](http://www.ibspe.com)

**IBS Precision Engineering  
Deutschland GmbH**

Leitzstraße 45  
70469 Stuttgart, Germany  
Telephone: +49 711 490 66 132 (Nord)  
Telephone: +49 711 490 66 133 (Süd)  
E-mail: [info@ibspe.de](mailto:info@ibspe.de)  
[www.ibspe.de](http://www.ibspe.de)

**IBS Precision Engineering sarl**

10 rue Michel Servet  
59000 LILLE Cedex, France  
Telephone: +33 3 66 21 25 24  
E-mail: [info@ibspe.com](mailto:info@ibspe.com)  
[www.ibspe.com](http://www.ibspe.com)

**IBS Precision Engineering Ltd**

Blythe Gate, Blythe Valley Park  
Solihull B90 8AH, United Kingdom  
Telephone: +44 (0) 7464 210568  
E-mail: [info@ibspe.com](mailto:info@ibspe.com)  
[www.ibspe.com](http://www.ibspe.com)