

# Induktive Resonator- **POSITIONSERKENNUNG**

von

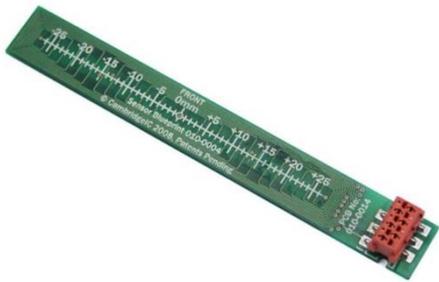


**MEV** Elektronik Service GmbH  
Nordel 5a | 49176 Hilter  
[www.mev-elektronik.com](http://www.mev-elektronik.com)

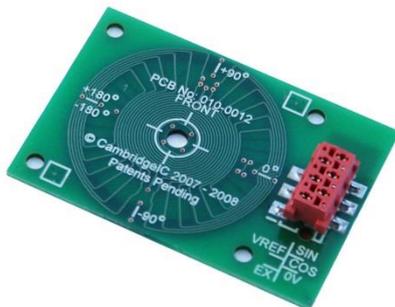
Guido Gandolfo | Product Line Manager  
+49 5424 2340-57  
[ggandolfo@mev-elektronik.com](mailto:ggandolfo@mev-elektronik.com)

## Induktive Resonator-Positionserkennung von CambridgeIC

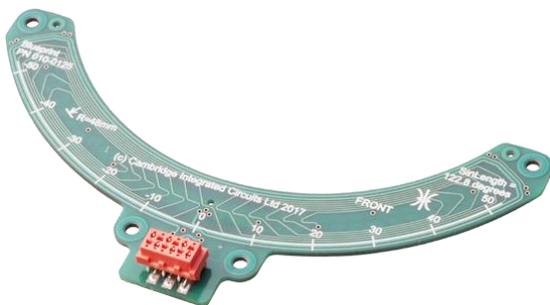
Induktive Resonator-Positionserfassung ist eine berührungslose Technologie in der Weg- und Winkel-Sensorik. Es handelt sich hierbei um eine Weiterentwicklung des industrieeüblichen linearen bzw. rotierenden variablen Differentialtransformators (LVDT/RVDT). Der Hauptunterschied besteht darin, dass komplexe Spulenwicklungen durch eine Sensorplatine ersetzt werden, die auf herkömmlicher Leiterplattentechnologie basiert. Spulen auf eine Platine aufzudrucken senkt dramatisch die Herstellungskosten und ermöglicht es ferner, die Sensorplatine mit weiterer Elektronik zu verbinden.



**Abbildung 1: Linearsensor**



**Abbildung 2: 360°-Sensor, rotativ**



**Abbildung 3: Kreisbogensensor**

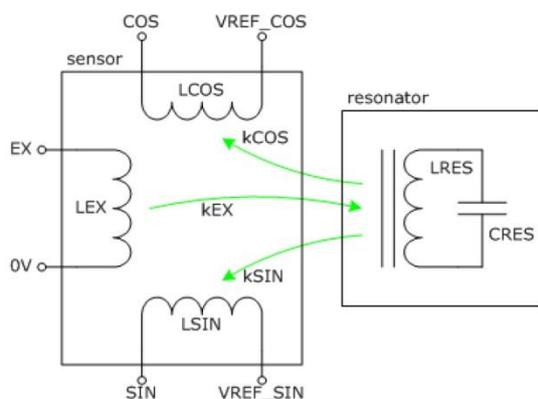
Im Gegensatz zu linearen bzw. rotierenden variablen Differentialtransformatoren braucht die bewegliche Systemkomponente hier nicht achsengenau auf die Sensorspulen ausgerichtet zu werden. Stattdessen markiert ein elektro-magnetisch gekoppelter Resonator (ein aus Spule und Kondensator bestehendes, schwingfähiges System) die Position des Signalgebers. Dieser besitzt eine unverwechselbare elektronische Signatur, der Vibration einer Stimmgabel ähnelnd. Diese Vibration ist deutlich von anderen Gegenständen in der Sensorumgebung – bspw. von Metallen – abgrenzbar, die andernfalls vom Sensor zusammen mit dem Signalgeber erfasst würden.

Die zum Bau der im Signalgeber erforderlichen Spulen können entweder aufgedruckt oder gewickelt werden. Das Wickeln der Spulen ermöglicht einen höheren Gütefaktor. Dadurch erhöht sich die Signalstärke, was eine höhere Auflösung bewirkt. Zusätzlich wird die elektromagnetische Verträglichkeit erhöht.



**Abbildung 4: Signalgeber mit LC-Resonator**

Die von CambridgeIC angebotenen Signalgeber wurden von TDK-EPCOS konstruiert und bestehen aus einer Feritkernspule, parallelgeschaltet zu einem Kondensator. Beide sind zusammen in einem Plastikgehäuse vergossen. Die Befestigungslöcher sind exakt auf den Resonator ausgerichtet.

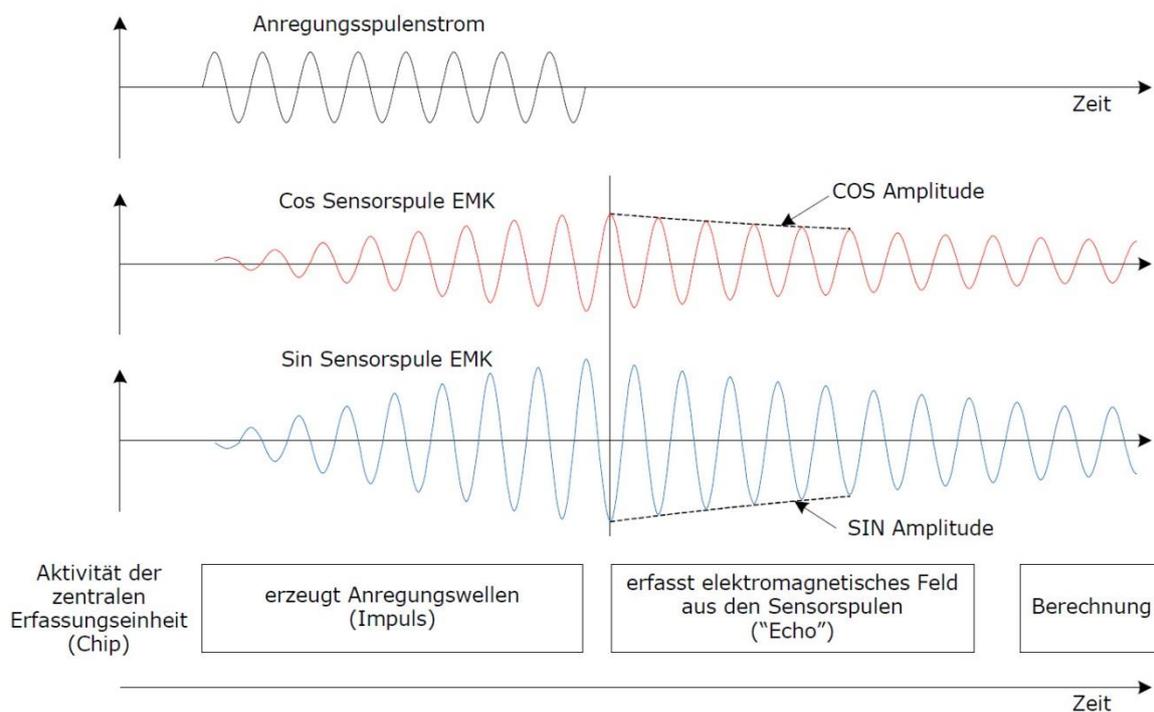


**Abbildung 5: Ersatzschaltbild eines einfachen, induktiven Resonanzsensors**

Ein induktiver Resonanz-Positionssensor verwendet Spulen, um den Resonator im Inneren des Signalgebers anzuregen und die zurückkommenden Signale zu erfassen. Anzahl und Form der Spulen hängen vom Anwendungsfeld und der geometrischen Konfiguration des Sensors ab. Drei

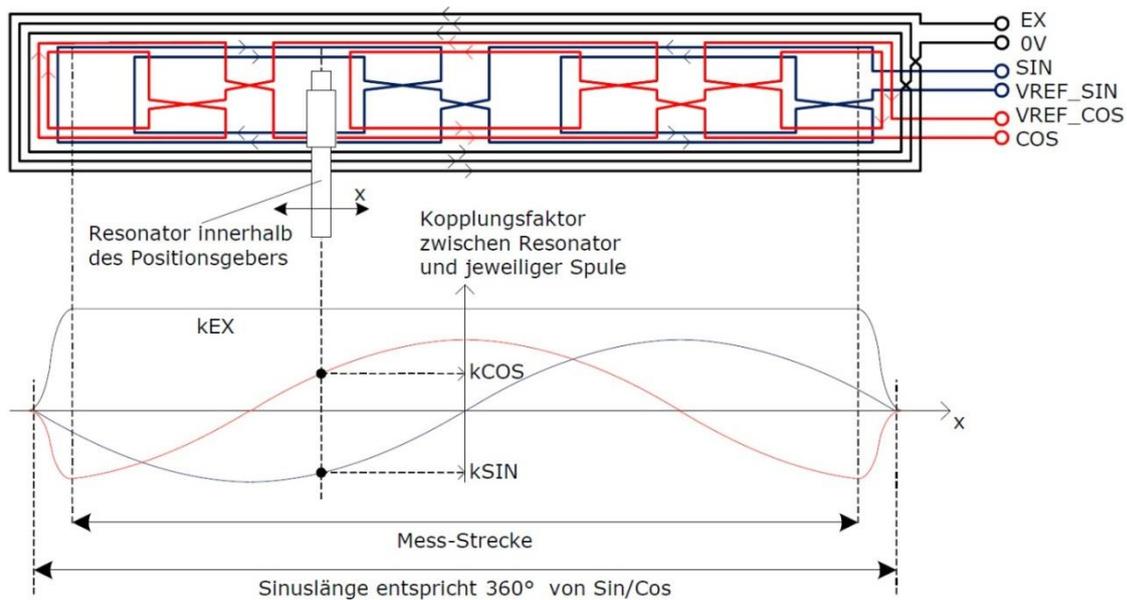
sind die praktische Mindestanzahl wie im obigen Ersatzschaltbild. Um eine höhere Genauigkeit und Auflösung zu erzielen, können Spulen paarweise hinzugefügt werden.

Die für induktive Resonanz-Positionssensoren nötige Auswertungs-elektronik muss die Kopplungsfaktoren zwischen den Spulen von Sensor und Signalgeber erfassen (kCOS und kSIN, siehe Abbildung). Normalerweise wird hierzu eine Impulseechoermittlung eingesetzt, da sie das Resonator-Signal präzise gegen unerwünschte Signale abgrenzt, wie etwa Störungen aufgrund in der Nähe befindlicher Metalle. Die Auswertungs-elektronik erzeugt zunächst ein Anregungssignal, das eine gewisse Anzahl von Stromzyklen auf Resonator-Frequenz umfasst. Dieser Stromfluss führt dazu, dass sich im Resonator eine Schwingung aufbaut. Der Stromzufluss wird daraufhin unterbrochen; die Schwingung im Resonator beginnt abzuklingen. Die Auswertungs-elektronik erfasst die elektromagnetischen Kräfte, die durch die abklingende Schwingung in den Empfangsspulen der Sensorplatte induziert werden. Diese elektromagnetischen Kräfte sind proportional zu den zwischen Resonator und Sensorspulen benötigten Kopplungsfaktoren.



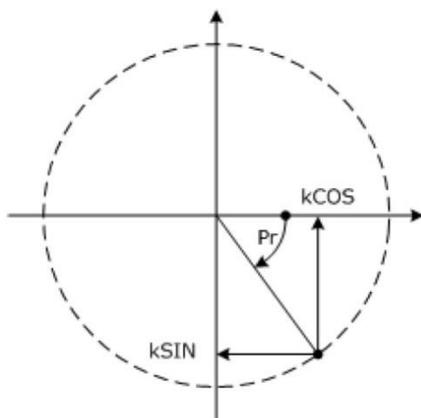
**Abbildung 6: Impuls-Echo-Abfrage**

Wie oben erwähnt, variieren die Sensorplatinen nach Größe und geometrischer Konfiguration. Diese Details legen die Relation zwischen Kopplungsfaktor und Position fest, und damit auch den im Prozessorinneren ablaufenden Berechnungsvorgang. Eine der einfachsten Spulenanordnungen ist so entworfen, dass sie eine sinusförmige Relation zwischen Kopplungsfaktor und Position vorgibt, mit Sinus- und Cosinus-Spulen in räumlicher Phasenverschiebung um 90°. Dies wird mit folgender Spulenanordnung erreicht:



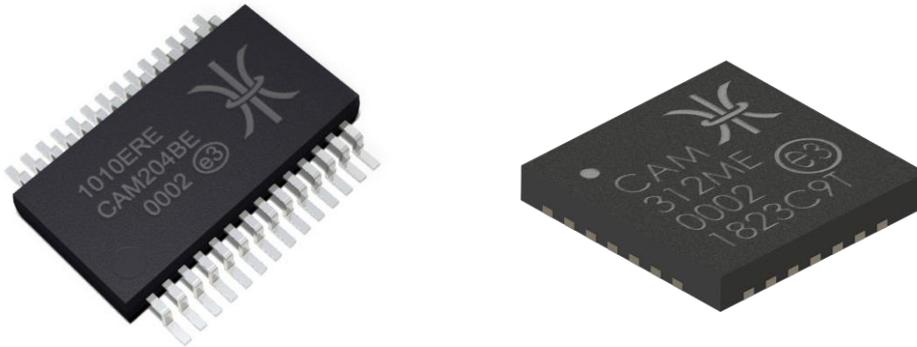
**Abbildung 7: Linearwegsensor mit sinusförmigem Sensorspulenschema**

Die Anregungsspule am Rand der Sensorplatine erregt den Resonator unabhängig von seiner Position ( $k_{EX}$ ). Die Sinus-Spule ergibt eine sinusförmige Ausprägung des Kopplungsfaktors, die Cosinus-Spule einen entsprechend um 90° phasenverschobenen Faktor. Die Positionsberechnung erfolgt in diesem Fall sozusagen quadrantenweise unter Anwendung der Arcus-Tangensfunktion. Wie die nachfolgende Skizze verdeutlicht, ist dies gleichbedeutend mit der Messung des Winkels ( $\Pr$ ) des Vektors ( $k_{COS}$ ,  $k_{SIN}$ ).



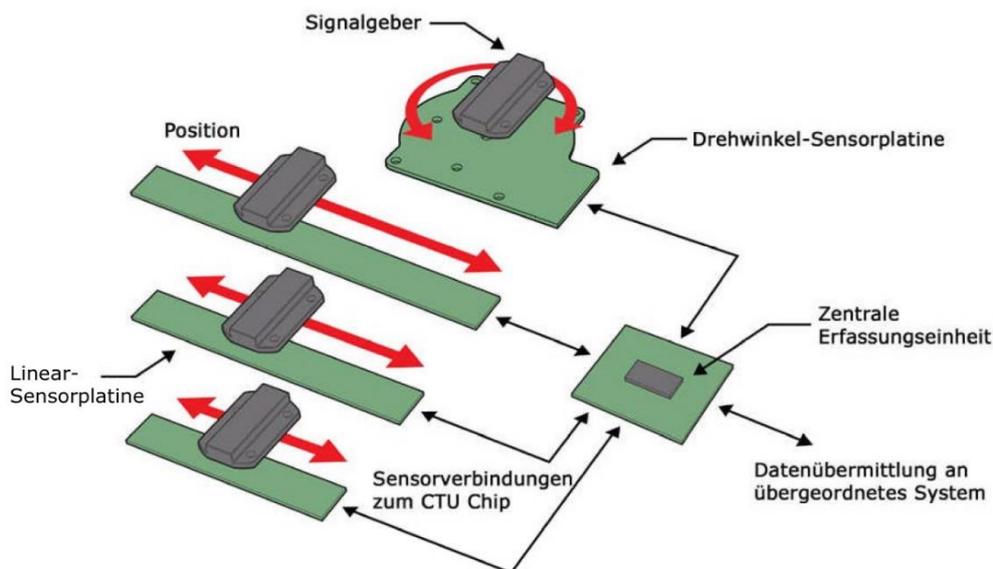
**Abbildung 8: Positionsberechnung für einen Sensor mit sinusförmigem Schema**

Diese Berechnung ist rein ratiometrisch, da sie nur von den relativen Werten der beiden Kopplungsfaktoren  $k_{COS}$  und  $k_{SIN}$  abhängt. Werden beide verdoppelt oder halbiert, bleibt der Umlaufwinkel  $\Pr$  unverändert. Hieraus resultiert die Stabilität gegenüber Schwankungen bei Versorgungsspannung, Spulenwiderständen, Temperatur und der Sensibilität der Auswertelektronik.



**Abbildung 9: Zentrale Erfassungseinheit CAM204 / CAM312 (CTU-Chip)**

Ein "Central Tracking Unit (CTU)" IC von CambridgeIC hat die gesamte Auswertelektronik für 4 ([CAM204](#)) oder 2 ([CAM312](#), [CAM502](#)) Sensor-Einheiten integriert. Er kann in Verbindung mit unterschiedlichen Linear- und Winkelsensoren verwendet werden. Sensoren für höhere Auflösungen benötigen zwei Messkanäle (Grob- und Feinkanal). Die Datenübermittlung zum übergeordneten System erfolgt über die SPI Schnittstelle.



**Abbildung 10: Mehrachssystem mit CAM204 als zentrale Erfassungseinheit CTU**

Die Tauglichkeit der Technologie für hochvolumige Industrie- Anwendungen zeigen die Produkte im Sortiment der Firma Hans TURCK GmbH & Co. KG: Diese Sensoren basieren auf dem integrierten CTU Schaltkreis-Prozessor und dem Sensordesign der Firma CambridgeIC eingebettet in ein Industrie-Gehäuse für raue Umgebungen. Hinzu kommen eine Reihe industriüblicher elektronischer Schnittstellen wie z.B. 0-10V, 4-20mA , SSI und IO-Link.



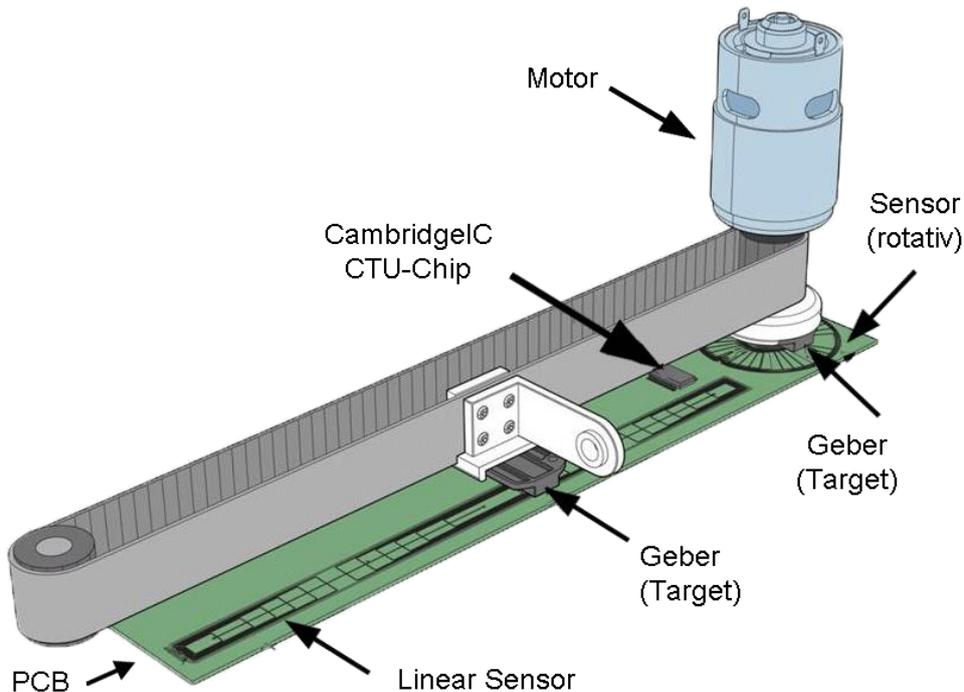
**Abbildung 11: CambridgeIC Sensoren im Industrie-Gehäuse von TURCK**

Die **MEV Elektronik Service GmbH** bietet die induktiven Resonanz-Sensoren nun als Komponenten zur Direkteinbettung in das jeweilige Produkt an. Dank herkömmlicher Leiterplattentechnik der Sensor sinnvollerweise auf der gleichen Fertigungsstraße hergestellt werden wir die restlichen Schaltungen des Produkts. Wo mechanisch machbar, können die vorhandenen gedruckten Schaltungen des Produkts so verlängert werden, um zusätzlich den Sensor aufzunehmen. Die Fertigungsdaten der Sensoren werden in diesem Fall vom Hersteller zur Verfügung gestellt.

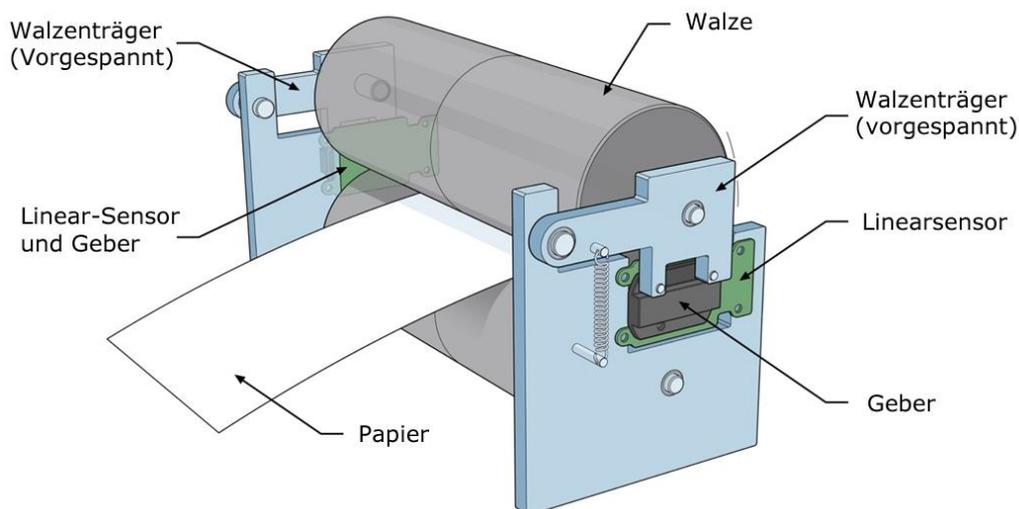
Guido Gandolfo, Line Manager Motion Control bei MEV:

*„Mit der innovativen Technologie von CambridgeIC ist es möglich berührungslose Absolut-Encoder zu einem Preis einzusetzen, der mit optischen Inkremental-Encodern kaum erreichbar ist. Somit können jetzt auch Absolutwert-Messungen in Applikationen integriert werden, in denen bisher aus Kostengründen keine Sensoren verwendet wurden.“*

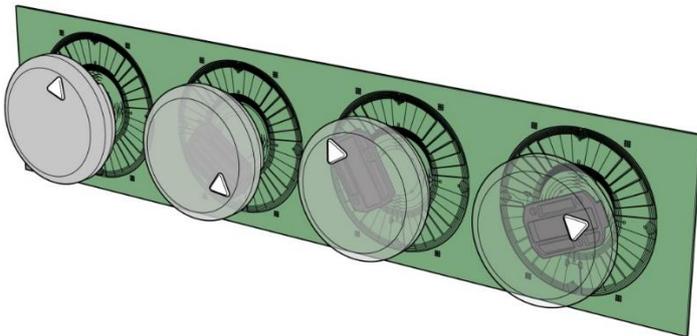
Das Anwendungsspektrum des Messsystems ist breit gefächert. Es reicht von der automatisierten Labordiagnostik bis zur Fernsteuerung von Kameras und struktureller Überwachung. Das Messsystem eignet sich zum Skalenablesen, zur Aktor-Rückkopplung und Füllstandbestimmung oder auch zum Einsatz in Druckmaschinen, z.B. zur Papierdicken-Messung. Im Transportwesen empfiehlt es sich für die Positionserfassung an Fahrgestell, Steuerung und Kraftübertragung.



**Abbildung 12: Linearer Aktor mit Linearsensor zur direkten Rückkoppelung bzw. zum Ausschluss von Stellungsfehlern am Treibriemen.**



**Abbildung 13: Papierdickenmessung mit zwei Linearsensoren**



**Abbildung 14: Drehgeber**

Mit den Entwicklungs-Boards und -Kits kann die Technologie ausgiebig getestet werden. Die Kits bestehen neben einem Development-Board aus Sensoren, Targets und dem CTU-Adapter um das Messsystem an den PC anschließen zu können.

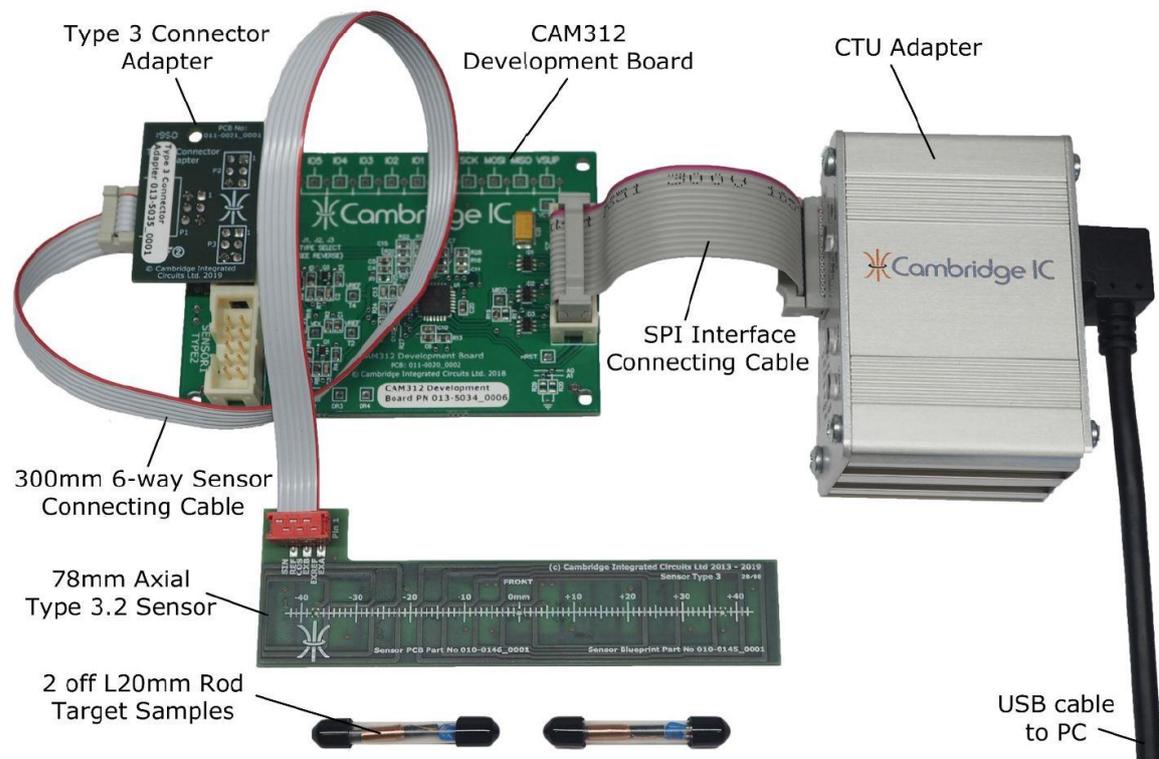
Die umfangreichen WinPC-Software kann über die Website von Cambridge IC kostenlos heruntergeladen werden: [www.cambridgeic.com](http://www.cambridgeic.com)



**Abbildung 15: CAM312 Development Board**



**Abbildung 16: CAM204 Type 6 Rotary Development Kit**



**Abbildung 17: CAM312 Axial Sensor Development Board**

### Zusammenfassung:

#### Die Vorteile der induktiven Resonator-Sensorik

- Funktioniert in rauer Umgebung
- Verlässliche Messung bis zu bei einem Abstand von mehreren Millimetern
- Tolerant gegenüber ungenauer Ausrichtung
- Kann einfach mechanisch integriert werden
- Eigensichere Nullpunkteinstellung
- Ein Sensor-IC für bis zu vier Achsen
- Sensoren aus konventionellen Platinen-Material
- In andere Schaltungen integrierbar
- Keinerlei schwierig zu handhabenden Materialien oder Herstellungsabläufe
- Kostengünstig

Autoren:

David Ely, CEO & Founder, Cambridge Integrated Circuits Ltd.

Guido Gandolfo, Line Manager Motion Control, MEV Elektronik Service GmbH