Induktive Resonator-Positionserfassung ist eine berührungslose Technologie in der Weg- und Winkelsensorik. Es handelt sich hierbei um eine Weiterentwicklung des industrieüblichen 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 Sensorenplatine mit weiteren Auswerteschaltungen zu verbinden.

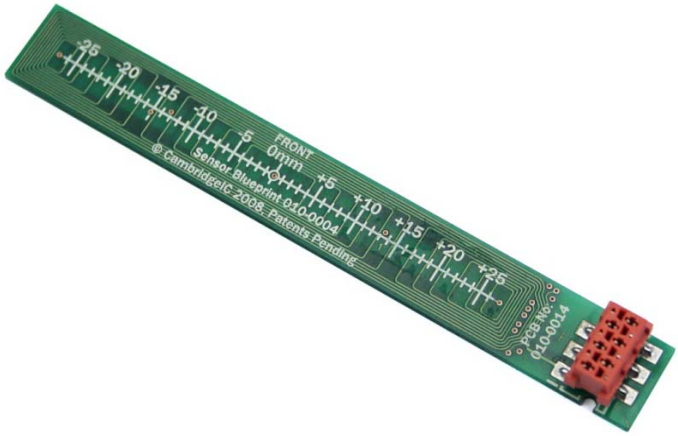


Abbildung 1 linearer, induktiver Resonanzsensor, Länge 50mm

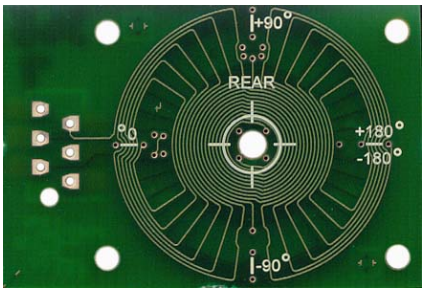


Abbildung 2 rotierender, induktiver Resonanzsensor, Länge 25mm

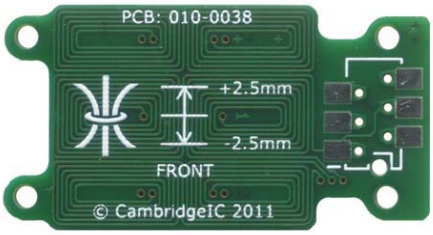


Abbildung 3 rotierender, induktiver Resonanzsensor, Länge 5mm

Im Gegensatz zu linearen bzw. rotierenden variablen Differentialtransformatoren braucht die bewegliche Systemkomponente hier nicht achsengenau auf die Sensorspulen ausgerichtet zu werden. Stattdessen markiert ein magnetisch gekoppelter Resonator (d.h. 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.

© Cambridge Integrated Circuits Ltd 2010 - 2011

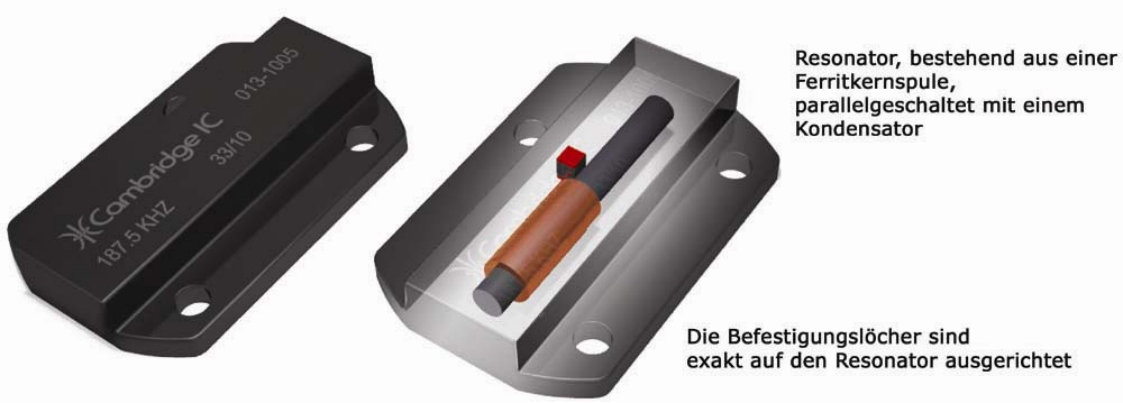


Abbildung 4 Signalgeber für einen induktiven Resonanzsensor, konstruiert von TDK-EPC

Die zum Bau der im Signalgeber befindlichen Drossel erforderlichen Spulen können entweder aufgedruckt, oder aber, wie oben beschrieben, gewickelt werden. Das Wickeln der Spulen resultiert in einem höheren Gütefaktor, was sich in größerer Signalstärke und somit einer höheren Auflösung niederschlägt. Sie gewährleisten eine verbesserte Widerstandsfähigkeit gegen elektromagnetische Störung und lassen gleichfalls einen größeren Spalt zu.

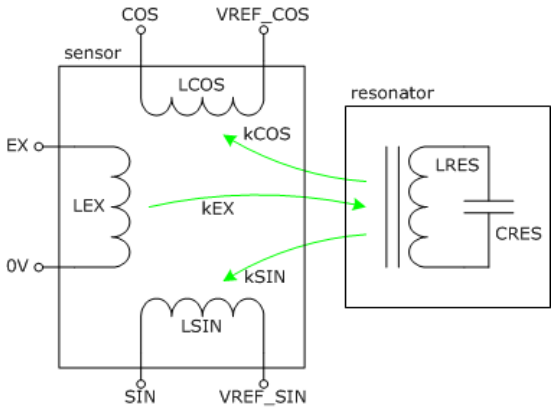


Abbildung 5 Ersatzschaltkreis eines einfachen, induktiven Resonanzsensors

Ein induktiver Resonanz-Positionserfasser 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. Eine praktikable Mindestanzahl ist Mindestanzahl ist 3, wie im obigen Ersatzschaltkreis. Um eine größere Genauigkeit und Auflösung zu erzielen, werden Spulen normalerweise paarweise hinzugefügt.

Die Auswertungselektronik, die für induktive Resonanz-Positionserfasser notwendig ist, muss die Kopplungsfaktoren zwischen den Spulen von Sensor und Signalgeber erfassen (kCOS und kSIN in obiger Skizze). Normalerweise wird hierzu eine Impulsechoermittlung eingesetzt, weil sie das Resonatorsignal präzise gegen andere unerwünschte Signale abgrenzt, wie etwa Anregungsdurchbruch oder Ungleichgewicht aufgrund in der Nähe befindlicher Metalle. Die Auswertungselektronik erzeugt zunächst eine Anregungswelle, die eine gewisse Anzahl von Stromzyklen auf Resonatorfrequenz umfasst. Dieser Stromfluß führt dazu, dass sich im Resonator eine Schwingung aufbaut. Der Stromzufluß wird daraufhin unterbrochen; die Schwingung im Resonator beginnt abzuklingen. Die Auswertungselektronik erfasst die elektromagnetischen Kräfte, die durch die abklingende Schwingung in den Empfangsspulen der

© Cambridge Integrated Circuits Ltd 2010 - 2011

Sensorplatine induziert werden. Diese elektromagnetischen Kräfte sind proportional zu den zwischen Resonator und Sensorspulen benötigten Kopplungsfaktoren.

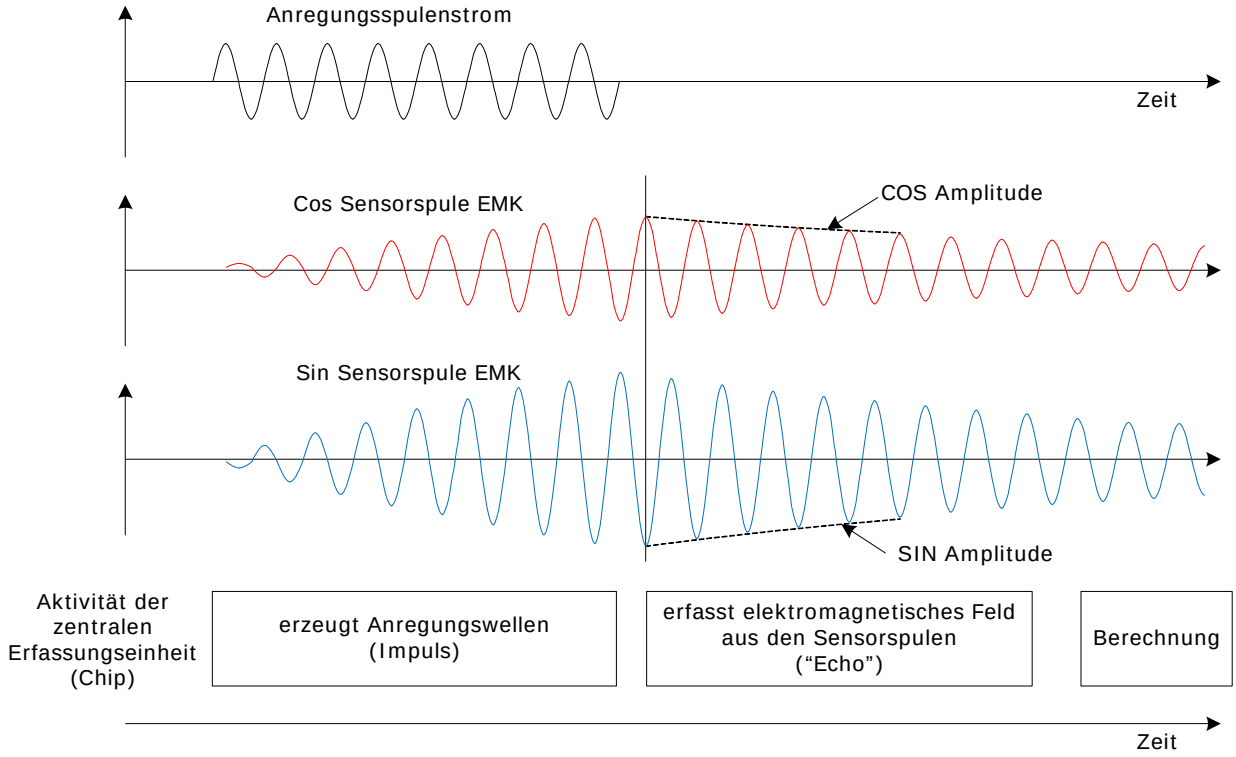


Abbildung 6 Impulsechoabfrage

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 Cosinusspulen in räumlicher Phasenverschiebung um 90°. Dies wird mit folgender Spulenanordnung erreicht:

© Cambridge Integrated Circuits Ltd 2010 - 2011

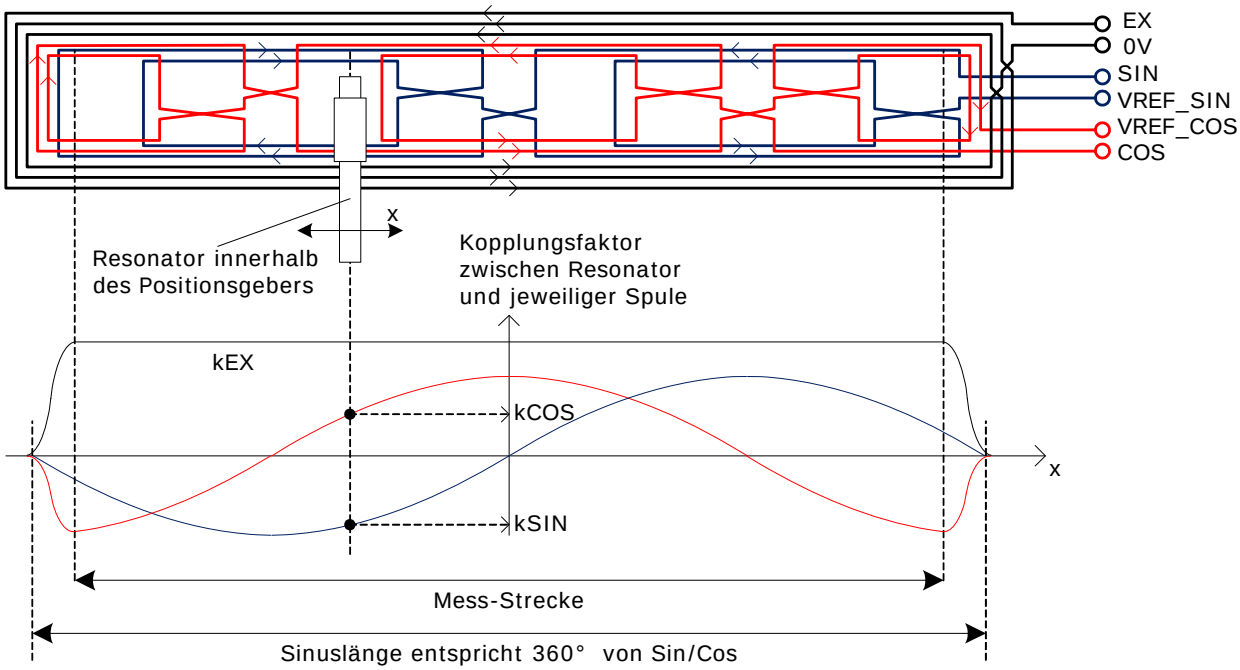


Abbildung 7 Linearwegsensor mit sinusförmigem Sensorspulenschema

Die Anregungsspule am Rand der Sensorplatine erregt den Resonator unabhängig von seiner Position (kEX). Die Sinusspule ergibt eine sinusförmige Ausprägung des Kopplungsfaktors, die Cosinusspule einen entsprechend um 90° verschobenen Faktor. Die Positionsberechnung erfolgt in diesem Fall sozusagen quadrantenweise unter Anwendung der Arc-Tangensfunktion. Wie die nachfolgende Skizze verdeutlicht, ist dies gleichbedeutend mit der Messung des Winkels (Pr) des Vektors (kCOS, kSIN).

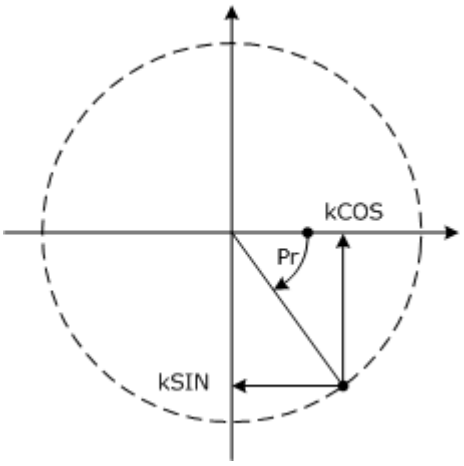


Abbildung 8 Positionsberechnung für einen Sensor mit sinusförmigem Schema

Diese Berechnung ist rein ratiometrisch, da sie nur von den relativen Werten der beiden Kopplungsfaktoren kCOS und kSIN 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 Auswertungselektronik.

© Cambridge Integrated Circuits Ltd 2010 - 2011

Die Auswertungselektronik für einen induktiven Resonanzsensor wird im Idealfall auf einem einzigen Chip platziert, bspw. auf dem „CAM204 Central Tracking Unit (CTU)“ Chip der Firma CambridgeIC. Er kann in Verbindung mit verschiedensten Linearweg- und Drehwinkelsensoren benutzt werden.

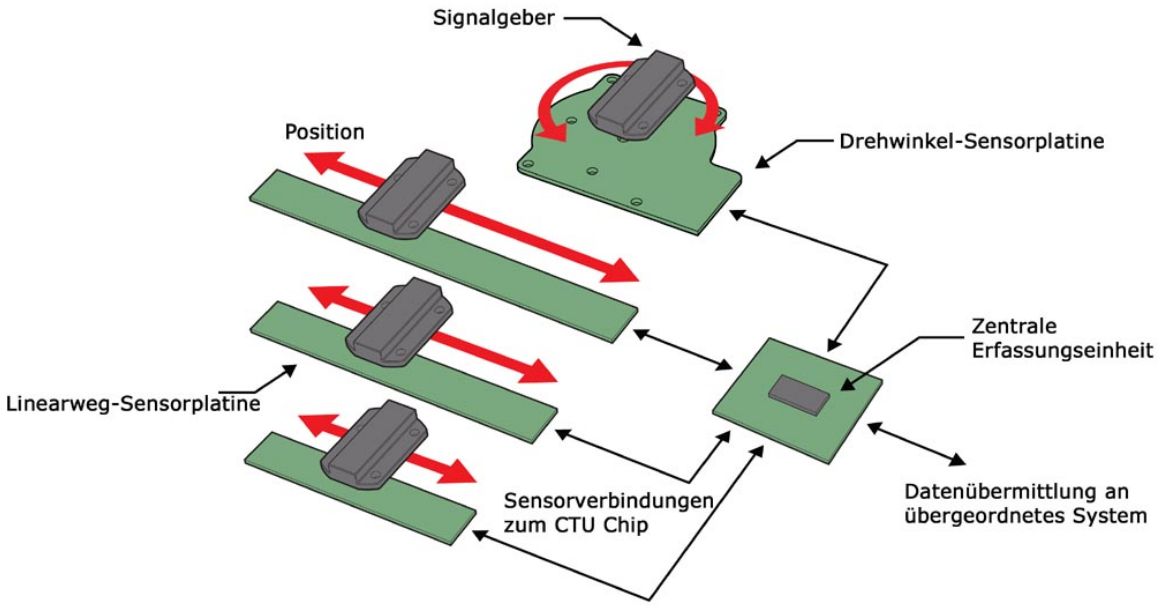


Abbildung 9 Multi-axiales Meßsystem zur induktiven Positionsbestimmung unter Benutzung eines einzelnen Prozessorchips

Für Anwendungsfelder, die Sensoren in industriellem Gehäuse erfordern, stehen die induktiven Resonanz-Positionserfasser im Sortiment der Firma Hans TURCK GmbH & Co. KG zur Verfügung. Diese Produkte basieren auf dem integrierten Schaltkreis-Prozessor CAM204 und dem Sensordesign der Firma CambridgeIC. Zu diesen Grundbausteinen kommen bei TURCK eine Reihe industrieüblicher elektronischer Interfaces hinzu, z.B. 0-10V, 4-20mA , SSI und IO-Link; weitere sind in Vorbereitung.

© Cambridge Integrated Circuits Ltd 2010 - 2011



Abbildung 10 TURCKs Sensor aus der RI-Serie benutzt den CAM204 Chip und den Drehwinkelsensor der Fa. CambridgeIC.

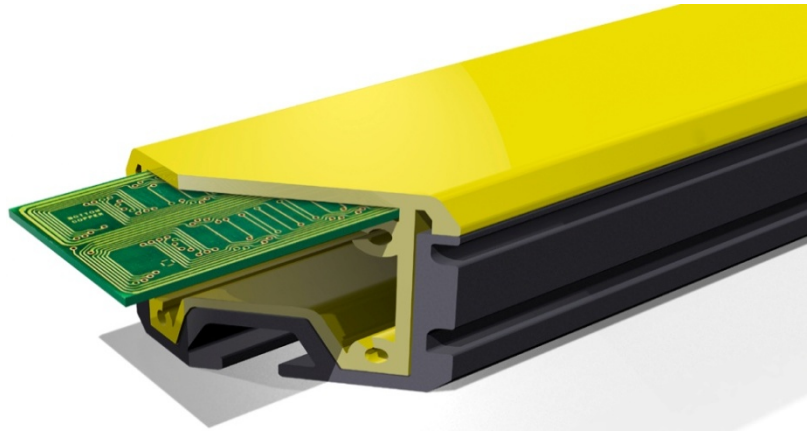


Abbildung 11 TURCKs Sensor aus der LI-Serie benutzt den CAM204 Chip und den Linearwegsensor der Fa. CambridgeIC.

Bei hochvolumigen Anwendungen ist die Resonator-Sensorik eine ideale Lösung für die Direkteinbettung in das jeweilige Produkt. Dank herkömmlicher Leiterplattentechnik für den Sensor kann die gedruckte Schaltung des Sensors 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.

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 Aktorenrückkoppelung und Füllstandbestimmung oder auch zum Einsatz in Druckmaschinen. Im Transportwesen empfiehlt es sich für die Positionserfassung an Fahrgestell, Steuerung und Kraftübertragung.

© Cambridge Integrated Circuits Ltd 2010 - 2011

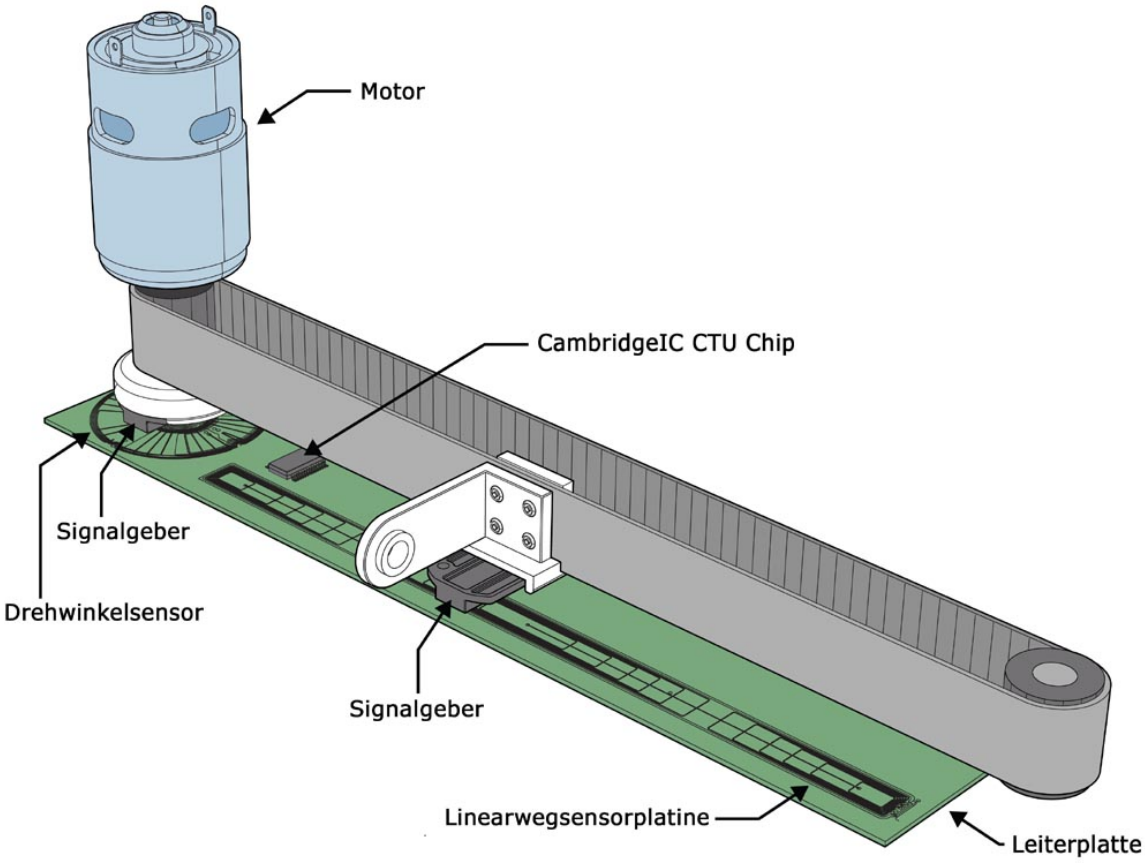


Abbildung 12 Linearer Aktor mit Linearwegsensor zur direkten Rückkoppelung bzw. zum Ausschluß von Stellungsfehlern am Treibriemen.

Die nachfolgende Tabelle listet die Vorzüge und Nachteile induktiver Resonator-Sensorik auf:

Induktive Resonator-Sensorik	
Stärken	**Schwächen**
• Funktioniert in rauher Umgebung • Verlässliche Messung selbst bei einen Abstand von mehreren mm zum Signalgeber • Tolerant gegenüber ungenauer Ausrichtung • Kann einfach mechanisch integriert werden • Eigensichere Nullpunkteinstellung • Einzelner Chip vermißt multiple Achsen • Sensoren aus konventionellen PCB gefertigt; in andere Schaltungen integrierbar • Keinerlei schwierig zu handhabenden Materialien oder Herstellungsabläufe • Kosteneffektiv	• Kann nicht durch Metall hindurchmessen (Wirbelströme) • Messung benötigt 50 oder mehr µs • Auflösung und Genauigkeit reichen noch nicht an die besten optischen Encoder heran • Sensoren und Signalgeber nur bis auf ein bestimmtes Maß verkleinerbar

© Cambridge Integrated Circuits Ltd 2010 - 2011