

TECHNISCHES WHITEPAPER

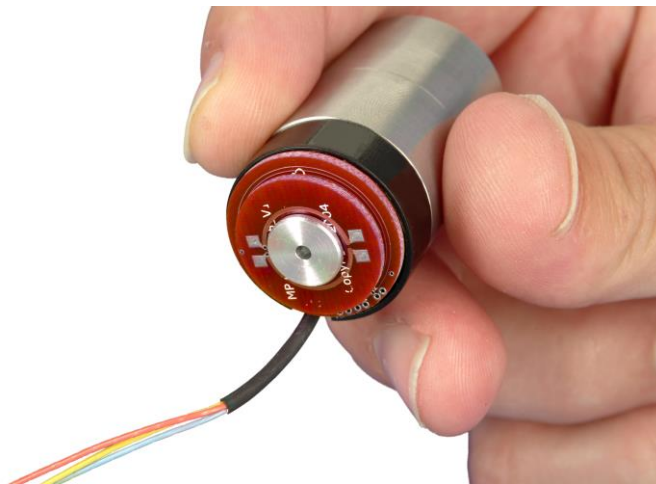
# Die Funktionsweise induktiver Sensoren

Verfasser: **Mark Howard**, General Manager, Zettlex UK Ltd

Dateiverweis: [technical articles/how inductive sensors work\\_rev2.0](#)

## Einführung

Induktive Sensoren werden häufig zur Messung von Position oder Drehzahl, insbesondere in rauen Umgebungen, eingesetzt. Allerdings herrscht bei vielen Technikern Verwirrung hinsichtlich der Terminologie und der Technologien induktiver Sensoren. Mark Howard von Zettlex erläutert die verschiedenen Typen und Funktionsprinzipien sowie die daraus resultierenden Vor- und Nachteile.



Induktive Positions- und Drehzahlsensoren sind in zahlreichen Formen, Größen und Ausführungen erhältlich. Man kann sagen, dass sämtliche induktiven Sensoren nach dem Wandlerprinzip arbeiten und sämtlich ein physikalisches Phänomen nutzen, dass auf Wechselströmen basiert. Dieses wurde erstmals in den 1830er Jahren von Michael Faraday beobachtet, der herausfand, dass ein erster stromführender Leiter einen Strom dazu bringen konnte, in einem zweiten Leiter zu fließen. Aus den Entdeckungen von Faraday resultierten Elektromotoren, Dynamos und natürlich induktive Positions- und Drehzahlsensoren. Zu diesen Sensoren gehören einfache Näherungsschalter, variable Induktivitätssensoren, variable Reluktanzsensoren, Synchros, Resolver, rotierende und lineare variable Differenzialtransformatoren (RVDT & LVDT).

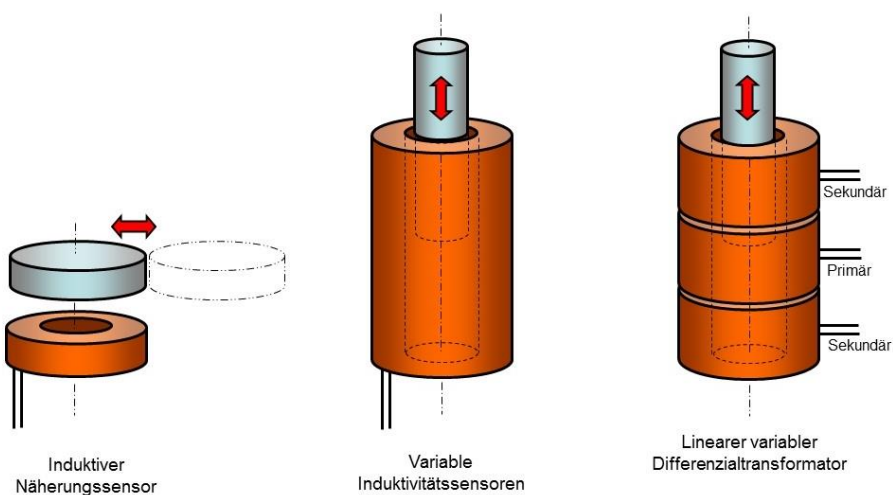
## Die unterschiedlichen Typen induktiver Sensoren

Bei einem einfachen Näherungssensor (auch als Näherungsschalter bezeichnet) wird das Gerät mit elektrischer Energie versorgt, die bewirkt, dass ein Wechselstrom in einer Spule (auch als Schleife oder Wicklung bezeichnet) fließt. Wenn sich ein leitfähiger oder magnetisch permeabler Gegenstand, z. B. eine Stahlscheibe, der Spule nähert, ändert sich dadurch die Impedanz der Spule. Bei Überschreiten eines Schwellenwerts wirkt dies als Signal, dass das Vorhandensein des Gegenstands anzeigt. Näherungssensoren werden üblicherweise zur

Erkennung des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins eines metallischen Gegenstands verwendet und die Ausgabe übernimmt häufig die Funktion eines Schalters. Diese Sensoren finden in großer Zahl Anwendung in vielen industriellen Bereichen, in denen die Verwendung elektrischer Kontakte in einem herkömmlichen Schalter anderenfalls problematisch wäre – insbesondere bei Auftreten großer Mengen von Schmutz oder Wasser. Das nächste Mal, wenn Sie Ihr Auto in die Waschstraße bringen, werden Sie eine Vielzahl an induktiven Näherungssensoren bei der Arbeit sehen.

Variable Induktivitäts- und variable Reluktanzsensoren erzeugen üblicherweise ein elektrisches Signal, das proportional zur Lageveränderung eines leitfähigen oder magnetisch permeablen Gegenstands (üblicherweise ein Stahlstab) relativ zu einer Spule ist. Wie bei einem Näherungssensor variiert die Impedanz einer Spule proportional zur Lageveränderung des Gegenstands im Verhältnis zu einer Wechselstrom führenden Spule. Derartige Geräte werden häufig dazu verwendet, den Hubweg von Kolben in Zylindern zu messen – beispielsweise in pneumatischen oder hydraulischen Systemen. Der Kolben kann so ausgerichtet werden, dass er den Außendurchmesser der Spule passiert.

Synchros messen die induktive Kopplung zwischen Spulen bei der Bewegung relativ zueinander. Sie rotieren üblicherweise und erfordern Stromanschlüsse an den beweglichen und unbeweglichen Teilen (üblicherweise als Rotor und Stator bezeichnet). Sie bieten äußerst hohe Exaktheit und werden in der industriellen Messtechnik, Radarantennen und Teleskopen verwendet. Synchros sind extrem teuer und werden heutzutage immer seltener eingesetzt, da sie in den meisten Fällen durch (bürstenlose) Resolver ersetzt worden sind. Letztere stellen eine weitere Form induktiver Detektoren dar, wobei Stromanschlüsse hier nur an die Wicklungen am Stator erfolgen.



LVDT, RVDT und Resolver messen die Veränderung der induktiven Kopplung zwischen Spulen, die üblicherweise als Primär- und Sekundärwicklungen bezeichnet werden. Die Primärwicklung koppelt Energie an die Sekundärwicklungen, wobei das an die einzelnen Sekundärwicklungen gekoppelte Energieverhältnis proportional zur relativen Lageveränderung eines magnetisch permeablen Gegenstands variiert. Bei einem LVDT handelt es sich bei diesem üblicherweise um einen Metallstab, der durch die Öffnung der Windungen geführt wird. Bei einem RVDT oder einem Resolver handelt es sich normalerweise um einen geformten Rotor oder ein Polstück, das relativ zu den um die Peripherie des Rotors angeordneten Wicklungen rotiert. Zu den typischen Anwendungsbereichen für LVDT und RVDT gehören hydraulische Servos bei Querrudern in der Luft- und Raumfahrttechnik sowie Motor- und Kraftstoffsystemsteuerungen. Zu den typischen Anwendungsbereichen für Resolver gehören bürstenlose Elektromotor-Kommutierungen.

Ein bedeutender Vorteil induktiver Sensoren ist, dass sich die entsprechenden Schaltkreise für die Signalverarbeitung nicht in nächster Nähe der Sensorspulen befinden müssen. Dies ermöglicht die Montage der Sensorspulen in rauen Umgebungen, was andere Sensortechnologien – wie magnetische oder optische Sensoren – ausschließt, da bei diesen eine vergleichsweise empfindliche Elektronik auf Siliziumbasis am Standort der Sensortechnik erforderlich ist.

## Anwendungsbereiche



Induktive Sensoren haben sich unter schwierigen Einsatzbedingungen bewährt. Aus diesem Grund stellen sie häufig die offensichtliche Wahl für sicherheitskritische bzw. hochzuverlässige Sicherheitssysteme dar. Derartige Anwendungsbereiche sind häufig in den Bereichen Militär, Luft- und Raumfahrt, Eisenbahn und Schwerindustrie zu finden.

Der Grund für diesen guten Ruf hat mit den physikalischen Grundlagen und den Funktionsprinzipien zu tun, die im Allgemeinen unabhängig von den folgenden Faktoren sind:

- bewegliche elektrische Kontakte
- Temperatur
- Luftfeuchtigkeit, Wasser und Kondensation
- Fremdkörper wie Schmutz, Fett, Abrieb und Sand.

## Vor- und Nachteile

Aufgrund der Natur der grundlegenden Funktionselemente – gewickelte Spulen und Metallteile – sind die meisten induktiven Sensoren äußerst robust. Angesichts ihres guten Rufs drängt sich die Frage auf, warum induktive Sensoren nicht häufiger verwendet werden. Der Grund dafür ist, dass diese physische Robustheit sowohl einen Vorteil als auch einen Nachteil darstellt. Induktive Sensoren sind zumeist exakt, zuverlässig und robust, allerdings auch groß, sperrig und schwer. Die Masse des Materials und die Notwendigkeit einer sorgfältigen Wicklung der Spulen sind Gründe dafür, dass ihre Produktion teuer ist, insbesondere bei hochexakten Geräten, die eine Präzisionswicklung erfordern. Mit Ausnahme einfacher Näherungssensoren sind die komplizierteren induktiven Sensoren zu teuer für viele gängige gewerbliche bzw. industrielle Anwendungen.

Ein weiterer Grund für die relative Seltenheit induktiver Sensoren ist, dass sich die Spezifikation für Konstrukteure schwierig gestalten kann. Denn häufig erfordern die einzelnen Sensoren, dass die entsprechenden Schaltkreise für die Wechselstromerzeugung und Signalverarbeitung separat spezifiziert und beschafft werden müssen. Dies erfordert häufig ein erhebliches Ausmaß an Fähigkeiten und Kenntnissen in analoger Elektronik. Da sich jüngere Techniker zumeist auf digitale Elektronik konzentrieren, halten sie derartige Bereiche für eine unbeliebte ‚schwarze Kunst‘, die es zu vermeiden gilt.

## Die nächste Generation induktiver Sensoren

Allerdings ist in den letzten Jahren eine neue Generation induktiver Sensoren auf den Markt gekommen, deren Bekanntheit nicht nur auf den traditionellen Märkten, sondern auch in den Bereichen Industrie, Automobiltechnik, Medizin, Versorgung, Wissenschaft sowie Öl und Gas steigt. Diese neue Generation induktiver Sensoren nutzt dieselben physikalischen Grundlagen wie die herkömmlichen Geräte, verwendet jedoch Leiterplatten und moderne

digitale Elektronik anstatt sperriger Transformator Konstruktionen und analoger Elektronik. Diese elegante Herangehensweise eröffnet die Möglichkeit der Verwendung von induktiven Sensoren für 2D- und 3D-Sensoren, lineare Geräte mit kurzer Reichweite (<1mm), kurvenförmige Geometrien und hochpräzise Winkelcodierer.

Technologie von Zettlex spielt eine Vorreiterrolle bei induktiver Technik der neuen Generation und ist in den letzten Jahren dank einiger bedeutender konstruktiver Verbesserungen immer umfangreicher geworden. Der Einsatz von Leiterplatten ermöglicht das Drucken von Sensoren auf dünne, flexible Trägermaterialien, bei denen darüber hinaus die Notwendigkeit herkömmlicher Kabel und Steckverbinder entfällt. Die Flexibilität dieser Herangehensweise – sowohl physikalisch als auch hinsichtlich der Möglichkeit zur schnellen Bereitstellung individueller Konstruktionen für Erstausrüster – stellt einen Hauptvorteil dieser neuen Herangehensweise dar. Ebenso wie herkömmliche induktive Techniken bietet diese Herangehensweise zuverlässige und präzise Messung in rauen Umgebungen. Es gibt darüber hinaus einige bedeutende Vorteile:

- Geringere Kosten
- Höhere Exaktheit
- Geringeres Gewicht
- Vereinfachte mechanische Konstruktion, z. B. Wegfall von Lagern, Dichtungen und Buchsen.
- Kompakte Abmessungen – insbesondere bei der Hublänge im Vergleich zu herkömmlichen LVDT.
- Vereinfachung der elektrischen Schnittstelle – üblicherweise eine Gleichstromversorgung und ein absolutes digitales Signal.



Abbildung eines herkömmlichen LVDT (oben) und eines Linearsensors von Zettlex (Mitte). Lineal darunter zum Größenvergleich.

Die obenstehende Abbildung zeigt ein anschauliches Beispiel dafür – einen herkömmlichen 150-mm-Hub-LVDT sowie dessen Nachfolger der neuen Generation, der für einen Hersteller von Linearantrieben produziert wurde. Die Parallelen zu den Vorher-Nachher-Darstellungen, wie man sie aus Diätbeschreibungen kennt, sind offensichtlich. Dieser Eindruck wird noch verstärkt, wenn man berücksichtigt, dass die Geräte der neuen Generation zusätzlich die entsprechenden Schaltkreise für Signalerzeugung und -verarbeitung beinhaltet (beim herkömmlichen LVDT nicht dargestellt). Zum Vergleich bietet das Gerät von Zettlex:

- >10-fach höhere Exaktheit

- 95 % Gewichtsersparnis
- 75 % Verringerung des belegten Raums
- 50 % Kostenersparnis
- direkte Generierung digitaler Daten – die Notwendigkeit einer Konvertierung analoger in digitale Daten entfällt.

## Weitere Informationen / Kontakt

Um weitere Informationen über induktive Positionsbestimmungstechnologie von Zettlex zu erhalten oder um Ihre Anwendung mit einem Experten für Positionssensoren zu besprechen, wenden Sie sich bitte direkt an Zettlex oder sprechen Sie mit dem lokalen Vertreter in Ihrer Nähe.

### Deutschland

Zettlex - Hamburg

15 & 16th Floor, Hamburger Str.11, 22083 Hamburg, Deutschland

Ansprechpartner Vertrieb: Mark Howard oder Darran Kreit

E-Mail: [info@zettlex.com](mailto:info@zettlex.com)

Telefon: +44 1223 874444

Web: [www.zettlex.com](http://www.zettlex.com)

### International

Zettlex verfügt über ein weltweites Netzwerk an Wiederverkäufern und Vertriebspartnern. Besuchen Sie [www.zettlex.com/company/distributors](http://www.zettlex.com/company/distributors) , um Ihren lokalen Ansprechpartner zu finden.