maxon sensor
Technik – kurz und bündig

Istwertgeber
maxon bietet eine Reihe von Istwertgebern an. Ihre Hauptmerkmale sind:

Digitale Inkrementalencoder
- Relatives Positionssignal, geeignet für Positionieraufgaben
- Drehrichtungserkennung
- Drehzahl aus Anzahl Impulse pro Zeiteinheit
- Standardlösung für viele Anwendungen

Digitale Absolutencoder
- Absolutes single-turn Positionssignal, geeignet zur absoluten Positionierung innerhalb einer Motorumdrehung
- Möglichkeit zur Generierung von Kommutierungssignalen
- Lösung für spezielle Anwendungen ohne Referenzfahrt

DC-Tacho
- Analoges Drehzahlsignal
- Drehrichtungserkennung
- Ungeeignet für Positionieraufgaben

Resolver
- Analoge Signalübertragung
- Aufwendige Auswertelektronik in der Steuerung nötig
- Für spezielle Lösungen im industriellen Umfeld

Encodersignale

Digitale Inkrementalencoder
Positionsänderungen (relative Positionen) werden als rechteckige Impulse zur Steuerung übertragen. Die Steuerung wertet diese Impulse zur genauen Positionierung oder zur Drehzahlbestimmung aus. Die Übertragung erfolgt über 2 phasenverschobene Kanäle (A und B), die zur Drehrichtungserkennung miteinander verglichen werden. Dabei gilt in der Regel die unten skizzierte Phasenlage der Kanäle A und B für den Motorbetrieb im Uhrzeigersinn (CW), wenn lastseitig von aussen auf die Motorwelle geschaut wird. Die maxon Steuerungen werten die Signalflanken aus. Dadurch ergibt sich in Bezug zur Impulsanzahl des Encoders eine vierfach höhere Positionierauflösung. Man spricht in diesem Fall von sogenannten Quadcounts oder Zuständen. Kenntnis der absoluten Position kann durch eine Referenzfahrt (homing) auf eine Fixposition ermittelt werden. Für eine präzise Referenzposition können die Flanken des Indexkanals I herangezogen werden.

Programm

- **MILE (Induktive Encoder)**
- **RIO, EASY, MAG, MR, MEnc (Magnetische Encoder)**
- **OPT, 2RMHF, Enc, HEDL, HEDS, AEDL (optische Encoder)**
- **DC-Tacho, Res (Analoge Sensoren)**

❶ Abschlussdeckel
❷ Elektrische Anschlüsse Motor und Encoder
❸ Leiterplatte
❹ MR-Sensor
❺ Teilscheibe
❻ Polrad
❼ Encoder-Gehäuse
❽ Massverkörperung
❾ Flansch
❿ Sensor mit Gehäuse
⓫ Encoder-Gabel

Der Line Driver ist ein im Encoder eingebauter Treiber, der die Signalqualität durch steilere Flanken verbessert. Daneben erzeugt er die Komplementärsignale $\overline{A}$, $\overline{B}$, $\overline{I}$ mit deren Hilfe Störungen eliminiert werden können, welche beispielsweise bei langen Signalleitungen auftreten können.

Absolutencoder
Absolutencoder geben die absolute Position als Bitfolge aus, die über ein geeignetes Protokoll (SSI, BiSS-C) im Takt der Steuerung übertragen wird. Die Auflösung wird über die Angabe der Bitlänge angegeben, z.B. 12 Bit entsprechen 4096 Positionen.
Single-turn Absolutencoder geben die Position nur innerhalb einer Motorumdrehung aus. Multi-turn Absolutencoder ermitteln die Position eindeutig über mehrere Umdrehungen. Oft verfügen sie über die Möglichkeit auch ohne Spannungsversorgung die Motorumdrehungen zu erfassen. Beim Einschalten ist deshalb die Motorposition über viele Umdrehungen bekannt.

Magnetische Encoder

Bei den magnetischen Encodern sitzt ein kleiner Permanentmagnet auf der rotierenden Motorwelle. Sensoren im Stator erfassen die Änderungen des Magnetflusses. Die Signale werden im Encoder ausgewertet und als Impulse, bzw. absolut Signal an die Steuerung übertragen. Magnetische Encoder bauen oft sehr klein und sind wenig empfindlich gegenüber Verschmutzung.

EASY und MAG Encoder
- Integrierte Schaltung basierend auf Hall-Sensoren und Interpolator
- EASY Inkrementell: Werkseitig programmierbare Impulszahl 1 bis 1024 mit Indexkanal und Line Driver
- EASY Absolut: Single turn mit 4096 Zuständen (12 Bit) und Biss-C oder SSI Interface
- MAG Inkrementell: Diverse Impulszahlen (bis 256) verfügbar, für Batteriebetrieb empfohlen

MR-Encoder (inkrementell)
- Magnetoresistiver Sensor mit/ohne Interpolator
- Diverse Impulszahlen verfügbar (bis 1024 Impulse)
- Mit/ohne Indexkanal und/oder Line Driver

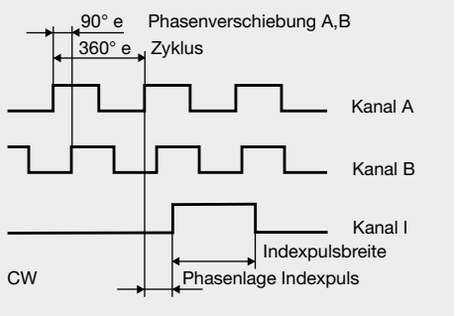
MEnc und QUAD Encoder (inkrementell)
- Digitale Hall-Sensoren ohne Interpolation
- Line Driver nicht möglich
- MEnc: 12 oder 16 Impulse pro Umdrehung
- QUAD: 1 Impuls pro Umdrehung (4 Zustände)

Optische Encoder

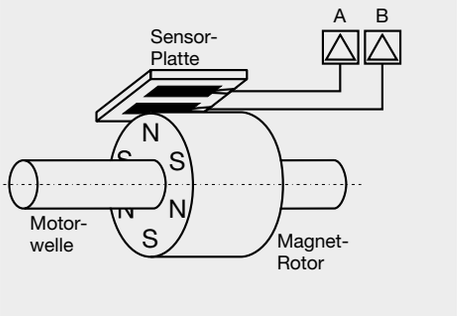
Bei den optischen Encodern sendet eine LED Licht durch eine fein gerasterte Impulsscheibe (HEDL, AEDL, HEDS, 2RMHF, Enc22) oder auf einen gerasterten Reflektor (RIO), die auf der Motorwelle befestigt sind. Der Empfänger wandelt die Hell-Dunkel-Signale in entsprechende elektrische Ströme um, die in der dazugehörigen Elektronik verstärkt und zu Impulsen aufbereitet werden. Optische Encoder weisen meist eine hohe Auflösung und Genauigkeit auf.

RIO Encoder
- Reflektiver interpolierter optischer Encoder
- Sehr hohe Auflösung, (typisch 4096 bis 16‘384 Impulse) werkseitig programmierbar
- Mit Indexkanal und Line Driver RS422
- Sehr kleiner Bauraum

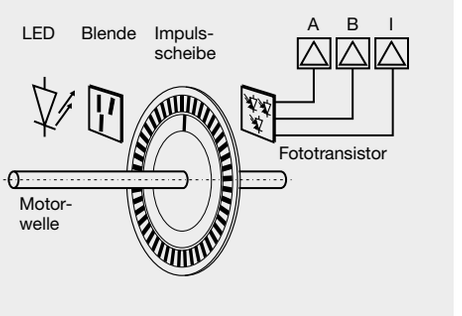
Darstellung der Ausgangssignale eines digitalen Encoders

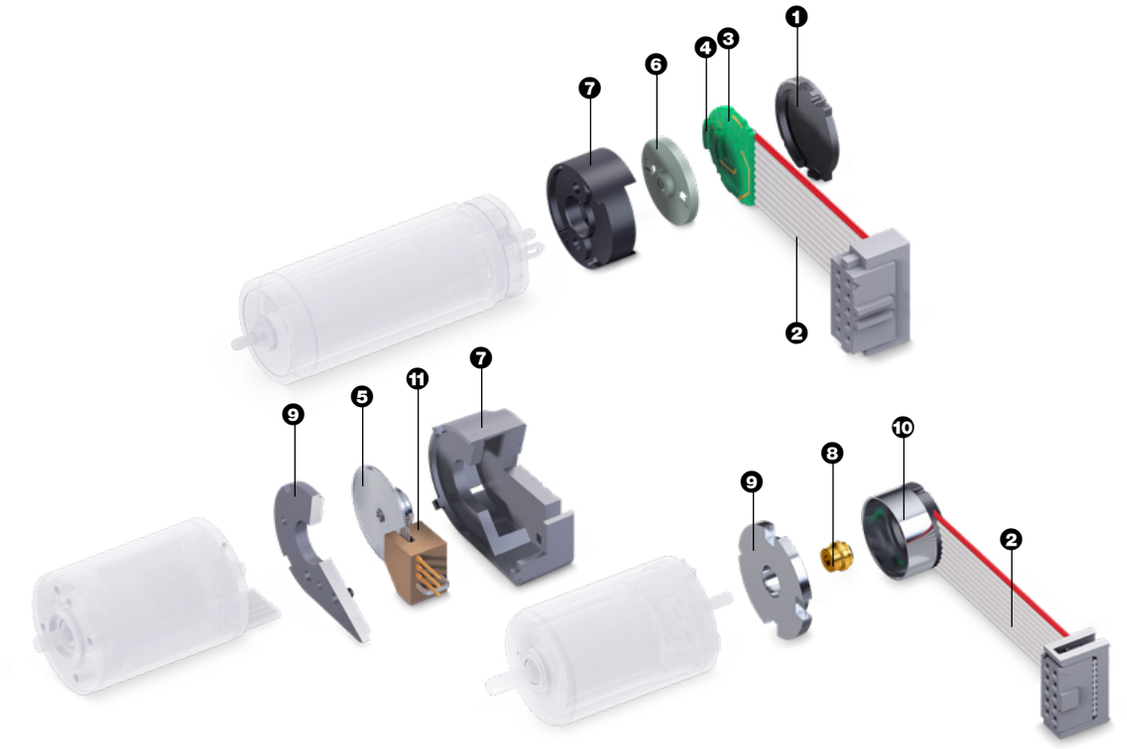


Schematischer Aufbau der Magnet-Encoder



Schematischer Aufbau eines optoelektronischen Encoders





Anbauencoder AEDL, HEDL, HEDS
- Transmissive optische Encoder
- Bis zu 5000 Impulse (AEDL)
- Mit Line Driver RS422 (AEDL, HEDL)
- Verhältnismässig grosse Bauform

Induktiver Encoder

Beim induktiven MILE-Encoder wird ein hochfrequentes Wechselfeld transformatorisch übertragen und dabei mittels einer strukturierten Kupferscheibe winkelabhängig moduliert.

Eigenschaften
- Sehr robust gegen magnetische und elektrische Felder sowie gegen Verschmutzung
- Hohe Drehzahlen möglich
- Hohe Genauigkeit
- Line Driver vorhanden (z.T. nach RS422)

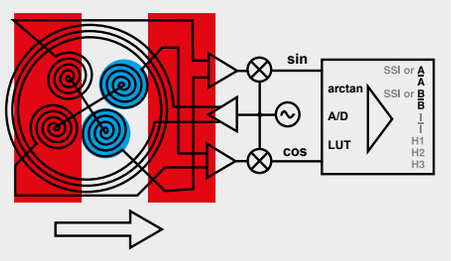
Merkpunkte Encoderauswahl

Hauptmerkmale der maxon Inkrementalencoder sind:
- Die Anzahl Impulse pro Umdrehung (Inkremente)
- Die Genauigkeit
- Die Verwendung eines Indexkanals
- Die Verwendung eines Line Drivers
- Die maximale unterstützte Drehzahl
- Die Eignung für spezielle Umgebungsbedingungen (Staub, Öl, Magnetfelder, ionisierende Strahlung)

Encoder und maxon Regler
- Die Eingangsfrequenz der Regelelektronik kann die maximal mögliche Impulszahl des Encoders beschränken.
- Je höher die Impulszahl und je höher die Genauigkeit, umso besser lässt sich ein ruhiger, ruckfreier Betrieb auch bei kleinen Drehzahlen erreichen.
- Die maxon Regler lassen sich für den Betrieb bei kleinen oder grossen Drehzahlen sowie für Encoder mit tiefer oder hoher Impulszahl einstellen.

Speziell für Positioniersysteme gilt:
- Je höher die Impulszahl, umso genauer kann eine Position erreicht werden. Bei 500 Impulsen (2000 Quadcounts) wird eine Winkelauflösung von 0.18° mechanisch erreicht, was meistens viel besser ist als die Genauigkeit der mechanischen Antriebskomponenten.
- In Positioniersteuerungen sollten nur Encoder mit integriertem Line Driver (z.B. RS422) verwendet werden. Damit wird verhindert, dass elektromagnetische Störsignale zu Signalverlusten und aufkumulierten Positionsfehlern führen.
- Positionieranwendungen benötigen oft den Indexkanal des Encoders zur genauen Referenzpunktermittlung.

Schematischer Aufbau des induktiven MILE-Encoders



Empfehlungen zur Encoderauswahl

(✓) bedingt zutreffend		QUAD	MEnc	MR	EASY	MILE	Optisch
1	Sehr hohe Drehzahl	✓	✓	✓	✓	(✓)	
2	Sehr tiefe Drehzahl			(✓)	(✓)	✓	✓
3	Präzise Position			(✓)	(✓)	(✓)	✓
4	Line Driver möglich			✓	✓	✓	✓
5	Indexkanal möglich			✓	✓		✓
6	Kompakte Bauform	✓	(✓)	✓	✓	✓	
7	Staub, Schmutz, Öl	✓	✓	✓	✓	✓	
8	Externe Magnetfelder	(✓)	(✓)		(✓)	✓	✓
9	Ionisierende Strahlung		✓				

DC-Tacho

Grundsätzlich ist jeder maxon DC-Motor als DC-Tacho verwendbar. Für Motor-Tacho-Kombinationen bieten wir einen DC-Tacho an, bei dem der Tacho-Rotor direkt auf der Motorwelle montiert ist.

Eigenschaften
- Abgegebene Gleichspannung proportional zur Drehzahl dank Edelmetallbürsten
- AlNiCo-Magnet für hohe Signalstabilität bei Temperaturschwankungen
- Ohne zusätzliche Tacho-Lagerung, kein zusätzliches Reibmoment
- Keine Kupplungen, hohe mechanische Resonanzfrequenz

Resolver

Der Resolver ist auf die durchgehende Welle des Motors aufgebaut und in exaktem Bezug zum Magnetfeld des Motor-Rotors ausgerichtet.
Der Resolver hat eine drehbare Primärwicklung (Rotor) und zwei räumlich um 90° versetzte Sekundärwicklungen (Stator). Eine an die Primärwicklung angeschlossene Wechselspannung wird transformatorisch auf die zwei Sekundärwicklungen übertragen. Die Amplituden der Sekundärspannungen sind sin φ und cos φ, wobei φ der Drehwinkel ist.

Eigenschaften
- Robust, für den industriellen Einsatz
- Hohe Lebensdauer
- Kein mechanischer Verschleiss
- Störungssichere Signalübertragung über weite Distanz
- Keine empfindliche Elektronik
- Spezielle Signalauswertung nötig
- Nur ein Geber für Positions- und Geschwindigkeitsinformation
- EC-Motoren mit Resolver werden ohne Hall-Sensoren geliefert

maxon sensor
Technology – short and to the point

Encoder
maxon offers a range of different encoders. Their main characteristics are:

Digital incremental encoders
- Relative position signal, suitable for positioning tasks
- Direction of rotation detection
- Speed information from number of pulses per unit of time
- Standard solution for many applications

Digital absolute encoders
- Absolute single-turn position signal, suitable for absolute positioning within one motor revolution
- Option to generate commutation signals
- Solution for special applications without homing procedure

DC tacho
- Analog speed signal
- Direction of rotation detection
- Not suited for positioning tasks

Resolver
- Analog signal transmission
- More complex evaluation electronics required in controller
- For special industrial solutions

Encoder signals

Digital incremental encoders
Position changes (relative position) are transmitted to the controller as square pulses. The controller evaluates these pulses for precise positioning or speed measurement. The signal transmission is implemented via two phase-shifted channels (A and B) that are compared to determine the direction of rotation. Usually the phasing of channels A and B applies for operation in a clockwise direction (CW), relative to the motor shaft seen from the outside.
The maxon controllers evaluate the signal edges. This results in a four times higher positioning resolution relative to the counts per turn of the encoder. The technical term for this is quad counts or states. The absolute position can be determined by homing to a fixed position. The signal edges of index channel I can be used for a precise reference position.
The line driver is a driver built into the encoder to improve the signal quality through steeper edges. It also generates the complementary signals $\overline{A}$, $\overline{B}$, $\overline{I}$ that can be used to eliminate interference resulting for instance from long signal lines.

Program

- **MILE (inductive encoders)**
- **RIO, EASY, MAG, MR, MEnc (magnetic encoders)**
- **OPT, 2RMHF, Enc, HEDL, HEDS, AEDL (optical encoders)**
- **DC-Tacho, Res (analog sensors)**

1. End cap
2. Electrical connections motor and encoder
3. PCB
4. MR sensor
5. Graduated disk
6. Magnetic multi-pole wheel
7. Encoder housing
8. Solid measure
9. Flange
10. Sensor with housing
11. Encoder fork coupler

Absolute encoders
Absolute encoders return the absolute position as a bit sequence for transmission with a suitable protocol (SSI, BiSS-C) at the clock rate of the controller. The resolution given as a bit length; e.g. 12-bit equals 4096 positions. Single-turn absolute encoders output the position only within one motor revolution. Multi-turn absolute encoders determine the position unambiguously over several revolutions. They frequently have the capability to detect motor revolutions even without a power supply. At start-up, the motor position is determined over multiple revolutions.

Magnetic encoders

In magnetic encoders, a small permanent magnet is installed on the spinning motor shaft. Sensors in the stator capture the changes in the magnetic flux. The signals are evaluated in the encoder and transmitted to the controller as pulses or as an absolute signal. Magnetic encoders are typically very small and resilient to dirt.

EASY and MAG encoders
- Integrated circuit based on Hall sensors and interpolator
- EASY incremental: Factory programmable resolution from 1 to 1024 counts per turn, with index channel and line driver
- EASY absolute: Single-turn with 4096 states (12-bit) and Biss-C or SSI interface
- MAG incremental: Various resolutions available (up to 256 counts per turn); recommended for battery operation

MR encoder (incremental)
- Magneto-resistive Sensor with/without interpolator
- Various resolutions available (up to 1024 counts per turn)
- With/Without index channel and/or line driver

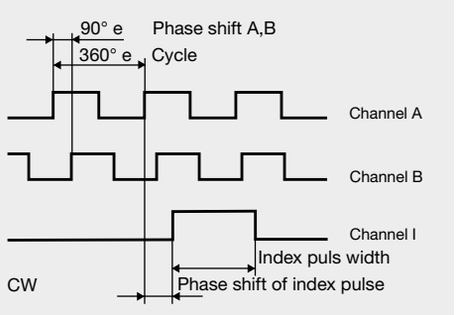
MEnc and QUAD encoder (incremental)
- Digital Hall sensors without interpolation
- Line driver not available
- MEnc: 12 or 16 counts per turn
- QUAD: 1 count per turn (4 states)

Optical encoders

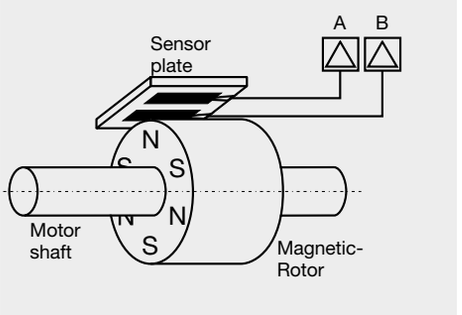
In optical encoders, an LED emits light through a finely structured code wheel (HEDL, AEDL, HEDS, 2RMHF, Enc22) or directed at a structured reflector (RIO) attached to the motor shaft. The receiver converts the light/dark signals into electrical currents, which are amplified and turned into electrical pulses by the respective electronics. Optical encoders typically have a high resolution and high accuracy.

RIO encoder
- Reflective interpolated optical encoder
- Very high resolution (typically 4096 to 16,384 counts per turn), programmable at the factory
- With index channel and RS422 line driver
- Very small size

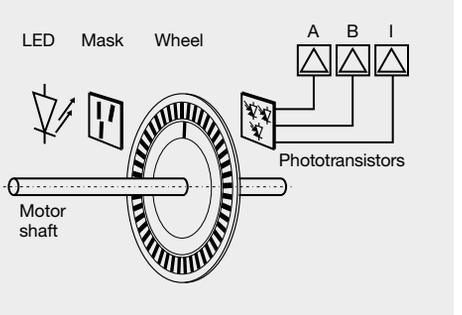
Representation of the output signal of a digital encoder

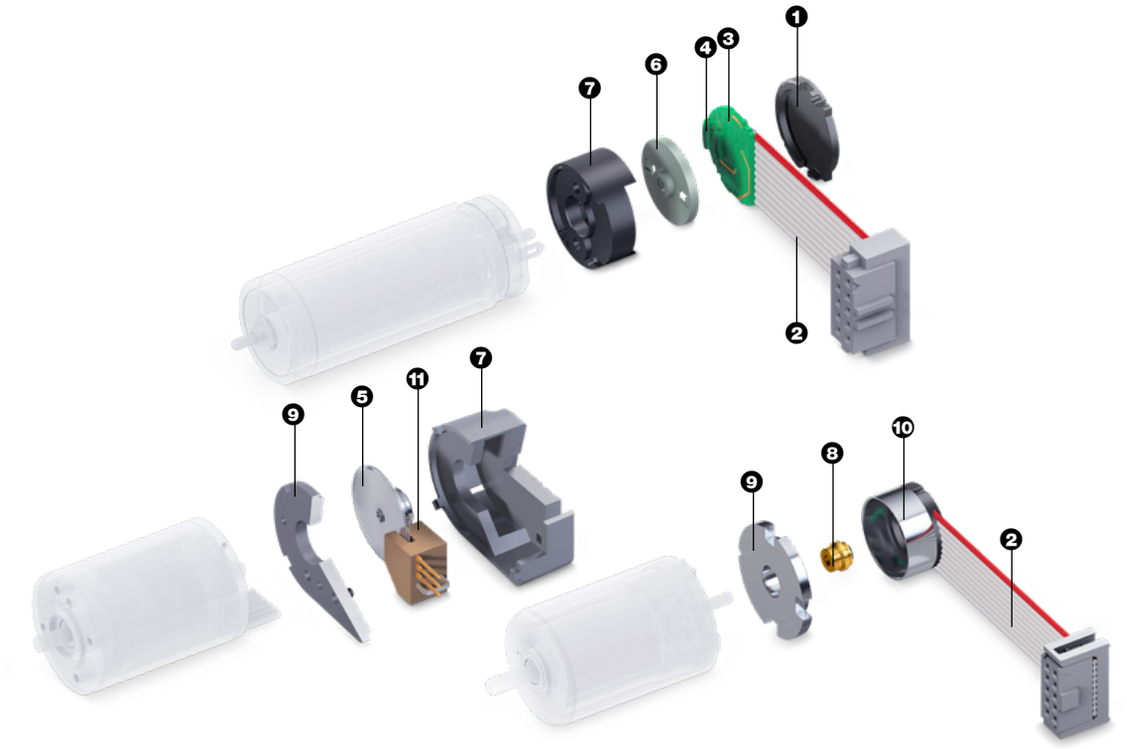


Schematic design of a magnetic encoder



Schematic design of an opto-electronic encoder





Encoder attachment AEDL, HEDL, HEDS
- Transmissive optical encoders
- Up to 5000 counts per turn (AEDL)
- With line driver RS422 (AEDL, HEDL)
- Relatively large size

Inductive encoder

With inductive MILE encoders, a high-frequency alternating field is transmitted via transformer while being modulated angle-dependently using a structured copper disk.

Characteristics
- Highly resistant to magnetic and electrical fields as well as soiling.
- High speeds possible
- High accuracy
- Line driver (can be acc. to RS422)

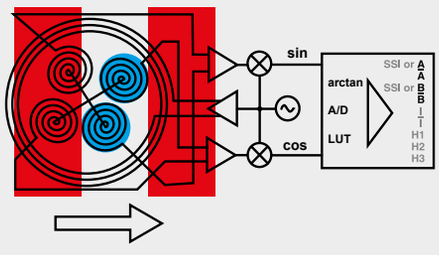
Key points for encoder selection

These are the main characteristics of maxon incremental encoders:
- Counts per turn (increments)
- Accuracy
- Use of an index channel
- Use of a line driver
- Maximum supported speed
- Suitability for special ambient conditions (dust, oil, magnetic fields, ionizing radiation)

Encoders and maxon controllers
- The input frequency of the control electronics may limit the maximum possible counts per turn of the encoder.
- The higher the counts per turn and the accuracy, the easier it is to achieve a smooth, jolt-free operation even at low speeds.
- maxon controllers can be adjusted for operation at low or high speeds, as well as for encoders with low or high counts per turn.

For positioning systems, the following applies:
- The higher the counts per turn, the more accurate the positioning. For 500 counts (2000 quad counts), a mechanical angle resolution of 0.18° is achieved. This is usually much higher than the precision of the mechanical drive components (e.g. due to gear backlash or the elasticity of drive belts).
- In positioning controllers, only encoders with an integrated line driver should be used (e.g. RS422). This prevents signal loss and accumulated positioning errors due to electromagnetic interference.
- Positioning applications often required the encoder's index channel for precise determination of a reference point.

Schematic design of the inductive MILE encoder



Recommendations on encoder selection

(✓) Conditionally applicable		QUAD	MEnc	MR	EASY	MILE	optical
1	very high speed	✓	✓	✓	✓	(✓)	
2	very low speed			(✓)	(✓)	✓	✓
3	precise position			(✓)	(✓)	(✓)	✓
4	line driver possible			✓	✓	✓	✓
5	index channel possible			✓	✓		✓
6	compact design	✓	(✓)	✓	✓	✓	
7	dust, dirt, oil	✓	✓	✓	✓	✓	
8	external magnetic fields	(✓)	(✓)		(✓)	✓	✓
9	ionising radiation		✓				

DC tacho

In principle, any maxon DC motor can be used as a DC tacho. For motor-tacho combinations, we offer a DC tacho that has the tacho rotor mounted directly on the motor shaft.

Characteristics
- Output DC voltage proportional to the speed due to precious metal brushes
- AlNiCo magnet for high signal stability even with temperature fluctuations
- Without additional tacho bearing; no added friction torque
- No couplings, high mechanical resonant frequency

Resolver

The resolver is attached to the continuous shaft of the motor and aligned perfectly with the rotor's magnetic field.
The resolver has a rotating primary winding (rotor) and two secondary windings offset by 90° (stator). An AC voltage connected to the primary winding is transmitted to the two secondary windings. The amplitudes of the secondary voltages are sin φ and cos φ, with φ as the angle of rotation.

Characteristics
- Robust, for industrial use
- Long service life
- No mechanical wear
- Interference-free signal transmission over long distances
- No sensitive electronics
- Special signal evaluation required
- Only one encoder for position and speed information
- EC motors with resolvers are delivered without Hall sensors