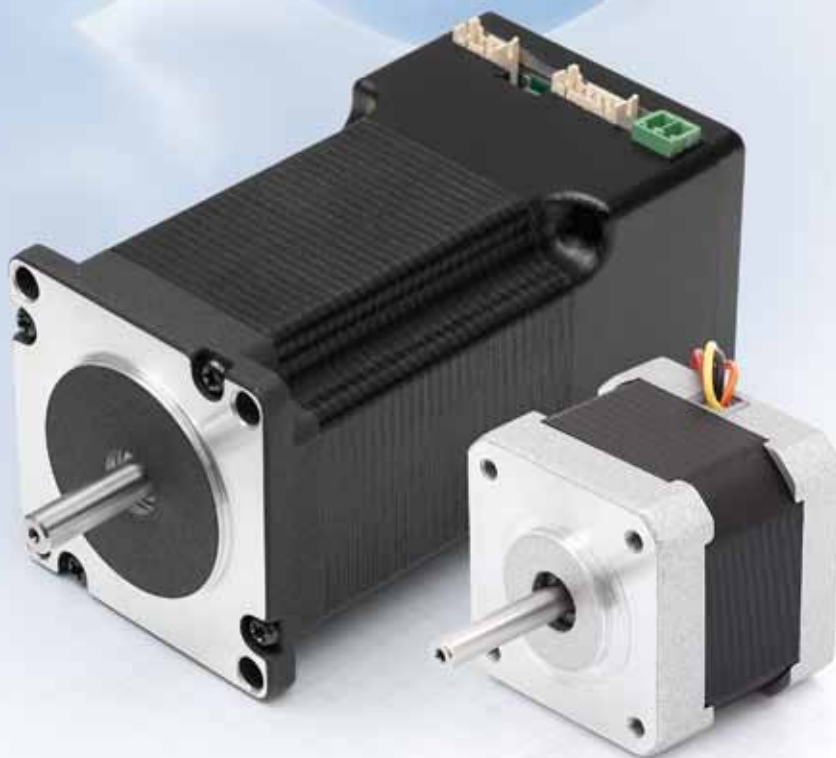


Closed-Loop-Technologie

Technology-Paper



■ Closed-Loop-Technologie

Closed-Loop-fähige Schrittmotoren vereinen die Vorteile der Schritt- und der Servomotor-Technologie. Sie sind lauffähiger und resonanzärmer als Schrittmotoren, bieten eine Positionsrückmeldung und -kontrolle, kurze Einschwing- und Ausschwingzeiten und weisen keinen Schrittverlust mehr auf. Sie sind eine Alternative zum Schrittmotor, wenn Energieeffizienz, Laufruhe und hohe Lasttoleranz gefragt sind.

Gegenüber Servo-Motoren haben sie Vorteile durch ein hohes Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen, kurze Einschwingzeiten, korrektes Positionieren ohne Nachpendeln sowie einen günstigeren Preis bei oft kleinerer Baugröße.

Closed Loop in Kürze erklärt:

http://de.nanotec.com/dc_408_technologie_closedloop.html

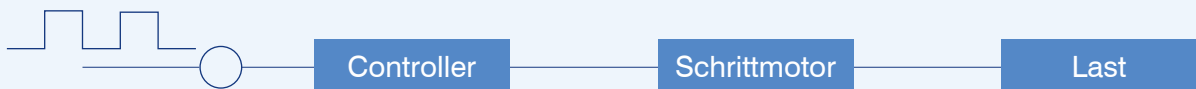
■ Was ist Closed Loop?

Das Closed-Loop-Verfahren wird auch als Sinuskommutierung über Encoder mit feldorientierter Regelung bezeichnet. Kern der Closed Loop Technologie ist die leistungsangepasste Stromregelung sowie die Rückführung der Steuerungssignale.

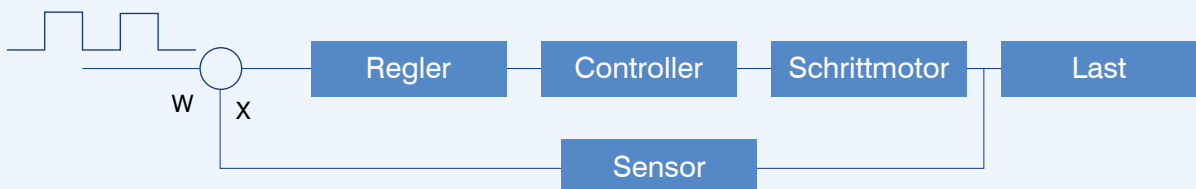
Über die Signale des Encoders wird die Rotorlage erfasst und es werden in den Motorwicklungen sinusförmige

Phasenströme erzeugt. Durch die Vektorregelung des Magnetfelds ist gewährleistet, dass das Statormagnetfeld immer senkrecht zum Rotormagnetfeld steht und die Feldstärke genau dem gewünschten Drehmoment entspricht. Der in den Wicklungen so gesteuerte Strom sorgt für eine gleichmäßige Motorkraft und führt so zu einem besonders ruhig laufenden Motor, der sich genau regeln lässt.

Open Loop vs. Closed Loop



Open Loop: keine Positionskontrolle, Fehlerkorrektur nicht möglich



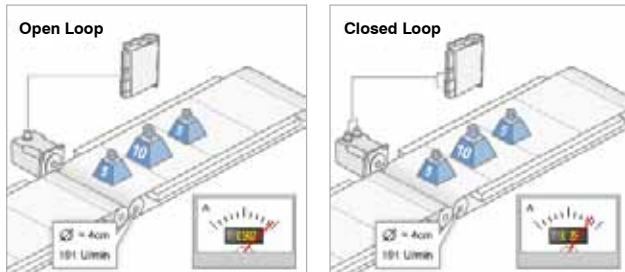
Closed Loop: Positionskontrolle mit feldorientierter Regelung

■ Echtes / Pseudo Closed Loop

Es gibt Schrittmotoren, die sich zwar mit dem Closed-Loop-Fähnchen schmücken und mit Encoder arbeiten, aber keine feldorientierte Regelung mit einer sinuskommutierten Stromregelung bieten. Sie überprüfen nur die Schrittposition, können Schritt winkelfehler aber nicht während des Betriebs korrigieren. Echtes Closed Loop mit feldorientierter Regelung kompensiert Schritt winkelfehler während der Fahrt und korrigiert Lastwinkelfehler innerhalb eines Vollschriffs.

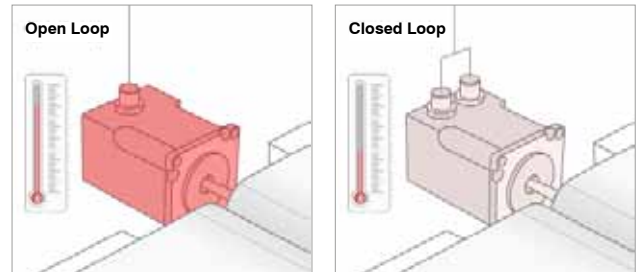
■ Vorteile gegenüber Standard-Schrittmotoren

Energieeffizienz



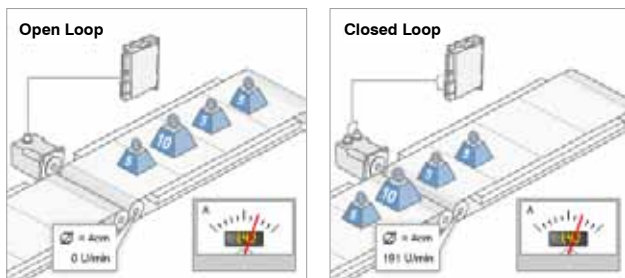
Im offenen Regelkreis wird der Schrittmotor so dimensioniert, dass er die maximal nötige Last sicher bewegen kann. Normalerweise wird deshalb mindestens eine Sicherheit von 20% eingerechnet, die in der Applikation dann als Energie „verschwendet“ wird. Verringert sich die Last, kann der Open Loop Motor nicht darauf reagieren und verschwendet noch mehr Energie.

Lebenserwartung



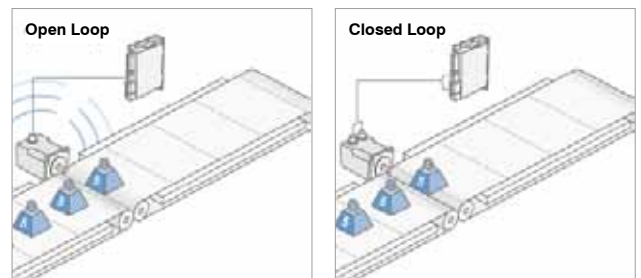
Durch die effiziente Regelung des Stroms entsteht weniger Verlustwärme im Motor, er bleibt erheblich kühler. Durch die geringere Erwärmung werden auch die Motorlager geschont.

Überlast



Bei 20% Sicherheitsreserve und der Auslegung auf eine Bandlast von z.B. 20 kg überschreitet ein Zusatzgewicht von nur 5 kg die Leistungsreserve und der Open-Loop-Antrieb bleibt ohne Meldung stehen. Der Closed-Loop-Schrittmotor kann dagegen mit seiner Überlastreserve diese Last problemlos antreiben.

Resonanzen



Die im Open Loop auftretenden Resonanzfrequenzen sind u.a. abhängig von äußeren Lasten (je größer die Drehmomentreserve desto größer ist auch die Resonanzanregung), und können den Motor zum Stillstand bringen. Im Closed Loop Modus wird dem Motor immer nur soviel Energie zugeführt, wie er für die externe Last benötigt, die resonanzanregende Drehmomentreserve ist also nicht vorhanden, so dass praktisch keine Resonanzen mehr auftreten.

Die klassischen Schrittmotoren sind zuverlässige, kostengünstige Antriebe, die dort eingesetzt werden, wo feste Positionen anzufahren sind. Sie arbeiten im Takt-Richtungs-Modus, auch als Open Loop bezeichnet. Dabei handelt es sich um einen offenen Regelkreis, bei dem die Steuersignale nicht zurückgeführt werden. Als Einschränkung gilt deshalb

die fehlende Positionsrückmeldung, weil beispielsweise durch Überlast entstandener Schrittversatz oder Schrittverlust nicht erkannt wird. Darüber hinaus ist bei kleineren Frequenzen das Resonanzverhalten stark ausgeprägt, eine kleine Lasterhöhung oder Drehmomentspitze lässt den Motor Schritte verlieren oder außer Tritt fallen, bis hin zum Stillstand.

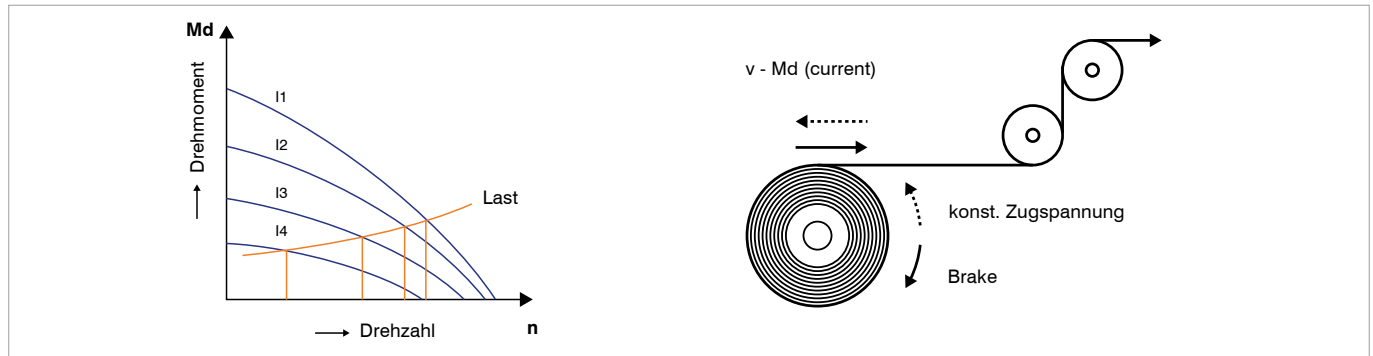
Closed Loop Schrittmotore sind eine Weiterentwicklung der klassischen Schrittmotor-Technologie. Die Einschränkungen und Nachteile klassischer Schrittmotoren wurden eliminiert:

- Kein Zukauf und Einkalkulieren einer Sicherheitsreserve (üblich bis zu 50%) erforderlich
- Höherer Wirkungsgrad bei Lastschwankungen und kein Stehenbleiben bei Überlast
- energieeffizienter Betrieb durch intelligente Stromregelung
- Praktisch resonanzfrei
- Längere Lebensdauer der Lager durch geringere Erwärmung und wenig Schwingung
- Kürzere Beschleunigungszeiten, da auch bei hohen Drehzahlen ein hohes Drehmoment erreicht wird
- Präzise Positionierung durch Kontrolle und Korrektur

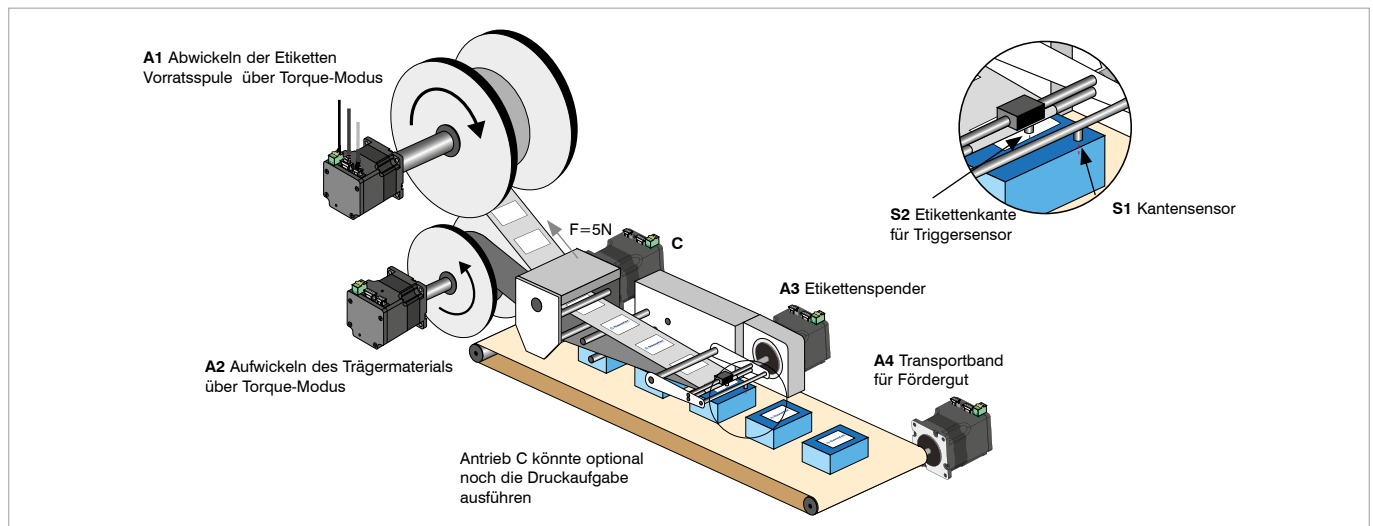
■ Vorteile gegenüber Servo-Motoren

Closed-Loop-Schrittmotoren von Nanotec stellen in vielen Fällen eine Alternative zu Servoantrieben dar, etwa bei Aufwickel-Anwendungen oder Bandantrieben. Nicht nur die Drehzahl und die Position sind genau regelbar, sondern wie typischerweise für Aufwickel-Anwendungen erforderlich, das Drehmoment (Torque Mode). Closed-Loop-

Schrittmotoren vereinen damit die Vorteile beider Welten. So erreicht man nicht nur das höchste maximale Drehmoment, den besten Wirkungsgrad und die beste Dynamik, sondern auch die geringste Drehmomentwelligkeit und eine ausgezeichnete Laufruhe.



Der Closed-Loop-Schrittmotor wirkt im Drehmoment-Modus analog wie eine Feder, wobei die Federkraft-Kennlinie über ein Poti eingestellt werden kann. Der Motor liefert also eine stabile Kraft, auch wenn der Motor im Stillstand gegen die Kraft arbeitet. Sobald die Kraft abnimmt, beginnt der Motor zu drehen proportional zur abnehmenden Kraft bis zum eingestellten Strom- und Drehmoment-Wert. Der Closed-Loop-Schrittmotor ist damit ideal für jede Art von Aufwickel-, Spann- und Pressaufgaben.



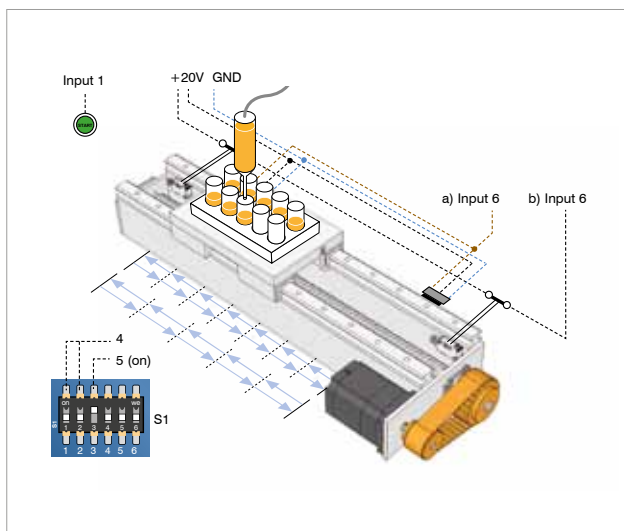
Closed-Loop-fähige Schrittmotoren sind dann eine Alternative, wenn:

- bei Drehzahlen bis 500 U/min ein hohes Drehmoment gefordert ist und eine kompakte, günstige Lösung gesucht wird, die ohne Getriebe auskommt,
- eine schnelle Inbetriebnahme ohne aufwändiges Tuning gefordert ist,
- Last bei Stillstand in Position gehalten werden muss, beziehungsweise
- das für Servomotoren typische Ein- und Ausschwingverhalten (Hunting), das gerade bei variablen Lasten und Pulsationen auftritt, zu für die Anwendung intolerablen Schleppfehlern führt. Servomotoren überfahren bei plötzlichen Lastveränderungen ihre Position und müssen dann nachkorrigiert werden.

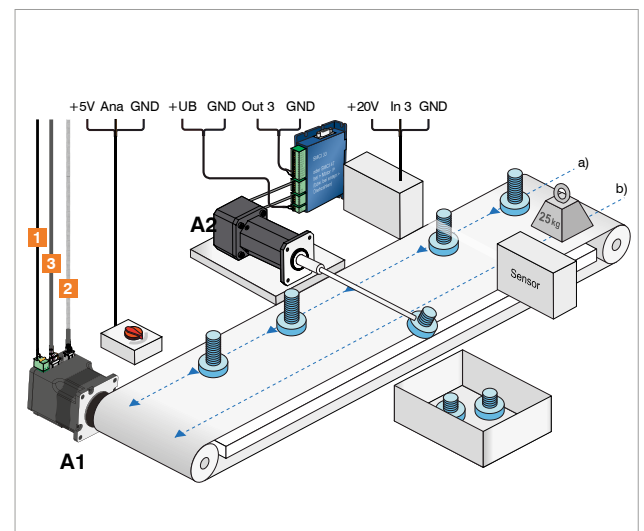
■ Ideale Anwendungsgebiete für Closed Loop Schrittmotoren:

- Mehrachsanwendungen (seriell, Ethernet, EtherCAT, CANopen)
- Stellaufgaben mit Lastschwankungen
- Wickelanwendungen
- Bandantrieb (Start/Stopp, Positionieren)
- Dosierpumpen, Abfüllanlagen
- Halbleiterbestückung
- Wafer-Produktion
- Textilmaschinen/Industrie-Nähmaschinen
- Robotik
- Prüf- und Inspektionssysteme
- Anwendungen, bei denen es auf laufruhigen Betrieb, kurze Einschwingzeit und genaue Positionierung ankommt

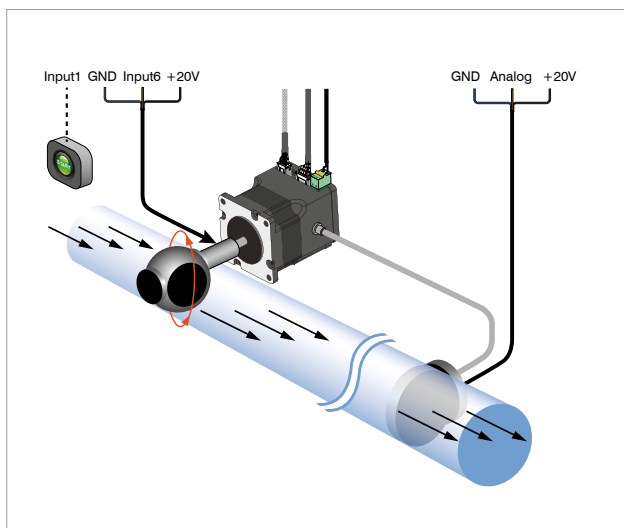
Linearachse (für Bearbeitung, Bestücken, usw.)



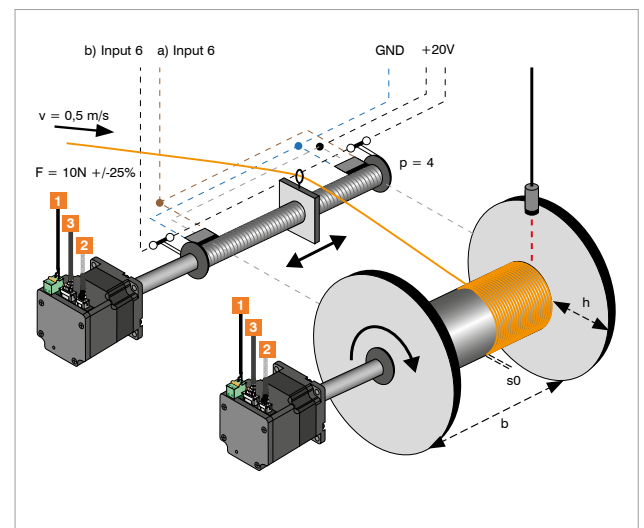
Transportband



Dezentrale Durchflussregelung



Aufwickeln und Verlegen



■ Vergleich (Beispiel)

	PD4-N59 Plug & Drive Schrittmotor mit Closed Loop	Servomotor DB57 mit Steuerung und Getriebe
Preis Motor ca.	250,00	109,00
Preis Steuerung ca.		156,00
Preis Getriebe ca.		65,00
Gesamtpreis in €	250,00	330,00

