

## 2-Phasen- und 5-Phasen-Schrittmotoren im Vergleich

Fällt bei der Suche nach einer Antriebslösung die Wahl auf einen Schrittmotor, stellt sich in der Folge die Frage nach 2-Phasen- oder 5-Phasen-Technologie. Oriental Motor bietet für beide Bereiche Motoren und Treiber an. Aus diesem Grund soll hier auf die grundlegenden Unterschiede hinsichtlich Auflösung, Vibration, Drehmoment, Genauigkeit und Synchronizität von Statormagnetfeld und Rotor eingegangen werden.

### Unterschied zwischen 2-Phasen und 5-Phasen

Es gibt zwei wesentliche Unterschiede, Ersterer ist mechanisch bedingt. Ein Schrittmotor besteht grundsätzlich aus Stator und Rotor. Der Rotor wiederum setzt sich aus drei Komponenten zusammen: Zwei Rotorsegmenten und einem Permanentmagneten. Bei einem 2-Phasen-Motor besteht der Stator aus 8 Magnetpolen mit kleinen Zähnen, beim 5-Phasen-Motor hingegen aus 10 Magnetpolen. Die Pole im Stator sind jeweils mit einer Wicklung versehen.

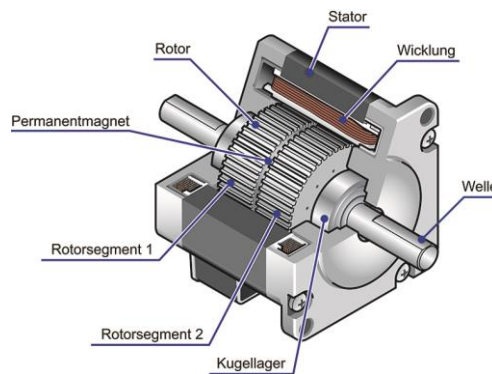


Abb. 1: Stator, Rotor, Permanentmagnet und Wicklung sind die wichtigsten Bestandteile eines Schrittmotors.

Der zweite Unterschied besteht in der Anzahl der Phasen. Ein 2-Phasen-Motor hat zwei Phasen, eine "A"-Phase und eine "B"-Phase, während ein 5-Phasen-Motor über fünf Phasen verfügt. Im Wesentlichen bezieht sich die Anzahl der Phasen auf die verschiedenen Polkombinationen des Stators, dessen Wicklungen mit Strom durchflossen werden, um mit Hilfe des Drehfeldes Wechselwirkungen mit dem Rotor zu erzeugen.

Wie wirken sich diese Unterschiede nun auf die Leistung aus? Die Leistung eines Schrittmotors wird durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst. Es gibt verschiedene Möglichkeiten einen Schrittmotor zu betreiben, die Betriebsart hat dabei einen großen Einfluss auf die Motorleistung. Wave Drive, Vollschritt, Halbschritt und Mikroschritt sind die gebräuchlichsten Antriebsmethoden und jede bietet sehr unterschiedliche Performance. Ohne die verschiedenen Antriebsmethoden zu berücksichtigen, werden im Folgenden die wichtigsten Leistungsparameter für 2- und 5-Phasen-Schrittmotoren aufgeführt.

### Auflösung

Strukturell unterscheidet sich der 5-Phasen-Schrittmotor nicht wesentlich vom

2-Phasen-Motor. Der Rotor ist bei beiden Motoren mit 50 Zähnen bestückt. Der Unterschied besteht darin, dass der 5-Phasen-Motor 10 Pole hat (2 pro Phase), so dass sich der Rotor nur um 1/10 einer Statorzahnteilung bewegen muss, um mit der nächsten Phase übereinzustimmen. Beim 2-Phasen-Motor muss sich der Rotor um 1/4 einer Statorzahnteilung bewegen, um sich an der nächsten Phase auszurichten (8 Pole, 4 pro Phase).

Daraus ergibt sich, dass der 2-Phasen-Motor für jede Umdrehung 200 Schritte ( $1,8^\circ$  pro Schritt), der 5-Phasen-Motor hingegen 500 Schritte ( $0,72^\circ$  pro Schritt) benötigt. Die höhere Auflösung des 5-Phasen Motors ist somit konstruktionsbedingt. In Verbindung mit einem Mikroschritttreiber kann der 5-Phasen-Motor Schritte bis zu  $0,00288^\circ$  ausführen, wobei die Positions- und Wiederholgenauigkeit immer noch von der mechanischen Genauigkeit des Motors abhängt. Diese beträgt für beide Motoren  $\pm 0,05^\circ$ .

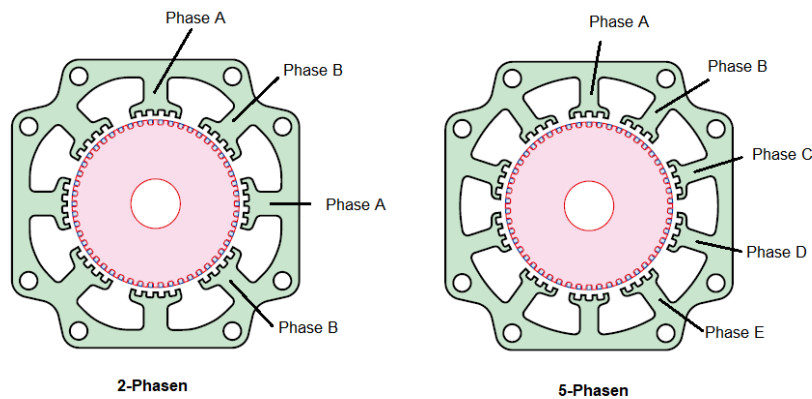


Abb. 2: Die größere Magnetpolanzahl beim 5-Phasen-Schrittmotor sorgt für einen kleineren Schrittwinkel von  $0,72^\circ$ .

## Vibration

Aufgrund des kleineren Schrittwinkels von  $0,72^\circ$  gegenüber  $1,8^\circ$  fällt die Vibration bei einem 5-Phasen-Motor erheblich geringer aus als bei einem 2-Phasen-Motor. Abbildung 3 zeigt die Vibrationen im Vergleich, der Unterschied ist deutlich zu erkennen. Die Diagramme stellen Messwerte zur Vibrationscharakteristik im Mikroschrittbetrieb mit 5.000 Schritten pro Umdrehung dar. Für die Messung wurde ein Generator an einen Motor mit Doppelwelle gekoppelt. Die Motorvibration wird dabei durch die erzeugte Spannung grafisch dargestellt: Je mehr der Motor vibriert, desto größer ist die erzeugte Spannung.

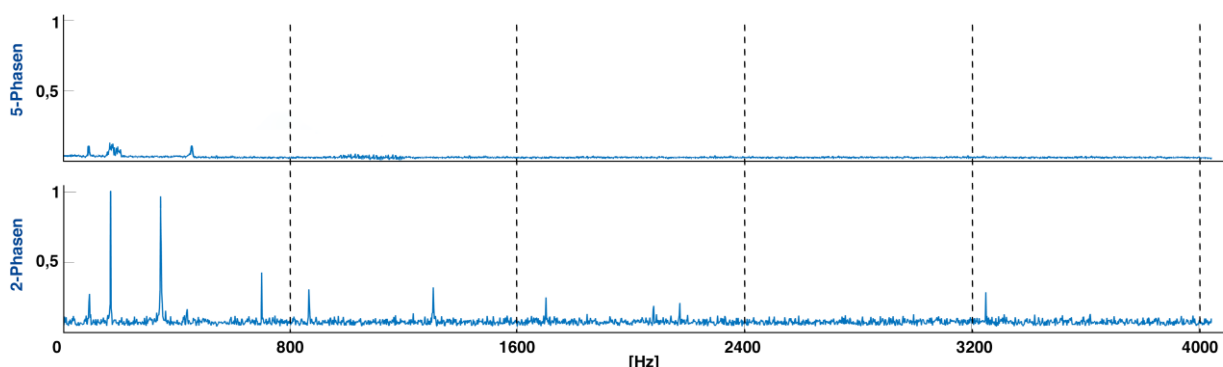


Abb. 3: Unterschiedliches Vibrationsverhalten von 2-Phasen- und 5-Phasen-Schrittmotoren.

## Drehmoment

Während sich das Ausgangsdrehmoment eines 2-Phasen-Schrittmotors kaum von dem eines 5-Phasen-Motors unterscheidet, hat Letzterer mehr "nutzbares" Drehmoment. Dies liegt hauptsächlich an der geringeren Drehmomentwelligkeit, die prinzipbedingt bei beiden Motoren zu beobachten ist.

Der Halbschritt- oder Mikroschrittbetrieb eines 5-Phasen-Schrittmotors erhöht das maximal nutzbare Drehmoment um bis zu 10 %, da mehr Phasen gleichzeitig erregt werden. 2-Phasen-Motoren verlieren beim Halbschritt- und Mikroschrittbetrieb bis zu 40 % an Drehmoment, viele 2-Phasen-Treiber kompensieren dies jedoch durch Anpassung des entgegengesetzten Drehmomentvektors.

Jede Phase des Motors trägt mit der sinusförmigen Drehmomentverschiebungskurve zum Gesamtausgangsdrehmoment des Motors bei (Abb. 4). Die Differenz zwischen der Spitze und dem Tal (im Bereich der Scheitelpunkte) wird als Drehmomentwelligkeit bezeichnet. Die Drehmomentwelligkeit verursacht Vibrationen, d. h. je größer die Differenz ist, desto größer sind die Vibrationen.

Da mehr Phasen zum Gesamtdrehmoment des Motors beitragen, ist die Drehmomentwelligkeit in einem 5-Phasen-Motor deutlich geringer als in einem 2-Phasen-Motor. Der Unterschied zwischen Spitze und Tal kann bei einem 2-Phasen-Motor bis zu 29 % betragen, während er bei einem 5-Phasen-Motor nur etwa 5 % ausmacht. Da die Drehmomentwelligkeit direkt zur Vibration beiträgt, läuft der 5-Phasen-Motor ruhiger als der 2-Phasen-Motor.

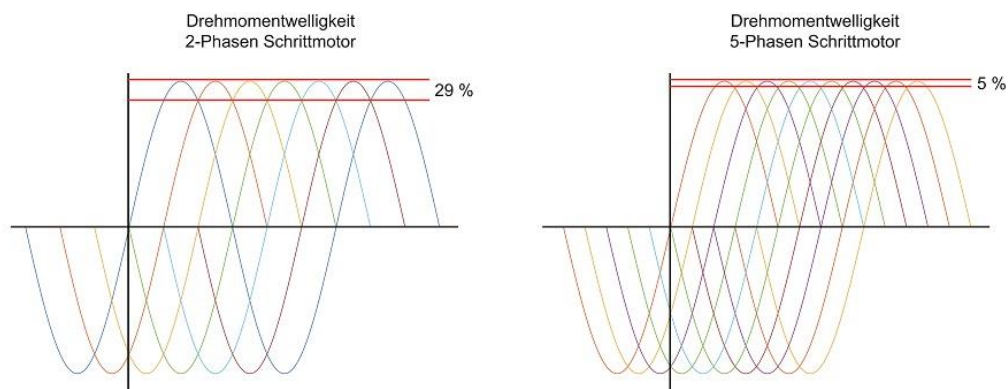


Abb. 4: Eine geringere Drehmomentwelligkeit beim 5-Phasen-Schrittmotor sorgt für niedrigere Vibrationen.

## Genauigkeit

Hinsichtlich der Genauigkeit spielen elektrische und mechanische Faktoren eine Rolle. Fehler bedingt durch elektrische Abweichungen werden dadurch verursacht, dass die Phasen nicht ausgeglichen sind. Ist ein Motor z.B. auf 10 W mit  $\pm 10\%$  Abweichung ausgelegt, kann eine Phase 9,2 W, die andere 10,6 W beitragen. Dieser Unterschied würde dazu führen, dass sich der Rotor während des Betriebs stärker auf eine Phase ausrichtet als auf die andere.

Bei Fehlern bedingt durch mechanische Abweichungen ist die Zahnkonfiguration entscheidend. Obwohl die Zähne eines Motors konstruktionsgemäß quadratisch sein sollten, können Stanzprozess und Werkzeugalter dazu führen, dass einige der Zähne oder Teile der Zähne abgerundet sind. Anstatt dass der magnetische Fluss gerichtet übergeht, können abgerundete Zähne zur parasitären Streuung beitragen. Diese Bauteilspezifikationen tragen also zur Genauigkeit des Motors bei.

Bei Vollschrittbetrieb wiederholt ein 2-Phasen-Motor seinen Zustand bei jedem vierten Schritt, ein 5-Phasen-Motor bei jedem zehnten Schritt. Jeder elektrische Fehler, der durch elektrische Ungleichheiten der Phasen verursacht wird, wird entsprechend beim 2-Phasen-Motor bei jedem vierten bzw. beim 5-Phasen-Motor zehnten Schritt kompensiert, so dass theoretisch lediglich ein mechanischer Fehler verbleibt.

Fehler bedingt durch mechanische Abweichungen werden eliminiert, sobald der Motor eine volle 360°-Drehung vollendet hat und sich derselbe Zahn wieder in Ursprungslage befindet. Dies erfolgt bei 2-Phasen-Motoren alle 200 Schritte, bei 5-Phasen-Motoren alle 500 Schritte.

## **Synchronizität von Statormagnetfeld und Rotor**

Da sich der 5-Phasen-Schrittmotor nur 0,72° pro Schritt bewegt, ist es nahezu unmöglich, dass der Motor einen Schritt aufgrund von Über- oder Unterschwingungen verliert. Ein Motor verliert rudimentär ausgedrückt einen Schritt bzw. verlässt den Gleichlauf, wenn die Zähne des Rotors nicht mit den entsprechenden Statorzähnen fluchten. Ursächlich dafür ist eine zu weite (Überschwingung) oder zu kurze (Unterschwingung) Rotorbewegung um mehr als 3,6°.

## **Passende Treibertechnologie**

Zu den 2-Phasen- und 5-Phasen-Motoren hat Oriental Motor die passenden Treiber entwickelt (Abb. 5), durch deren Verwendung nochmals die Gesamtleistung optimiert wird. Eine neue Treibertechnologie sorgt für Verbesserungen in puncto Drehmoment und Vibration. Bei den CVD-Treibern kommen neue Feldeffekttransistoren mit niedrigen Verlusten zum Einsatz, was sich unmittelbar positiv auf die Wärmeentwicklung auswirkt. Abb. 6 zeigt den Vergleich zweier Motoren als Thermografieaufnahme, beide Motoren werden mit einem Phasenstrom von 1,4 A pro Phase beaufschlagt. Während sich mit dem Vorgänger-Treiber die Motortemperatur noch bis auf 67,9°C erhöhte, betrug mit dem neuen CVD-Treiber die Temperatur lediglich 48,3°C. Dieser Unterschied von 20°C sorgt für eine längere Lebensdauer aller Komponenten und spiegelt die bis zu 75 % niedrigere Leistungsaufnahme wider (Abb. 7).

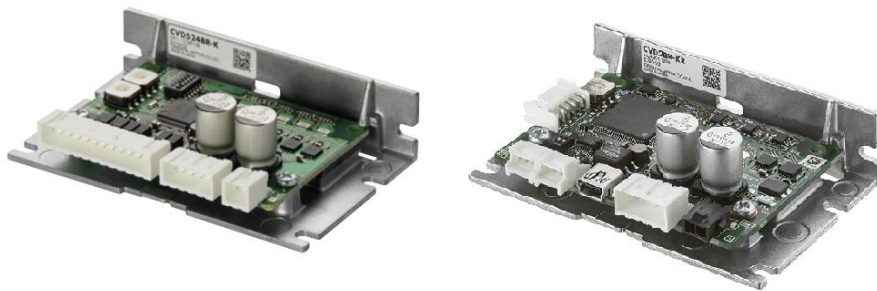


Abb. 5: CVD-Treiber für 2-Phasen- und 5-Phasen-Schrittmotoren, auch mit RS-485 Kommunikation.

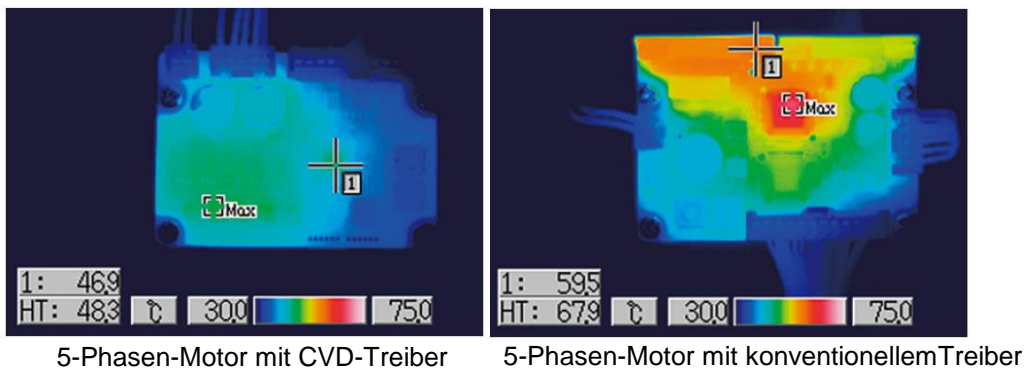


Abb. 6: Deutlich niedrigere Wärmeentwicklung durch neue CVD-Treiber im Thermografie Bild.

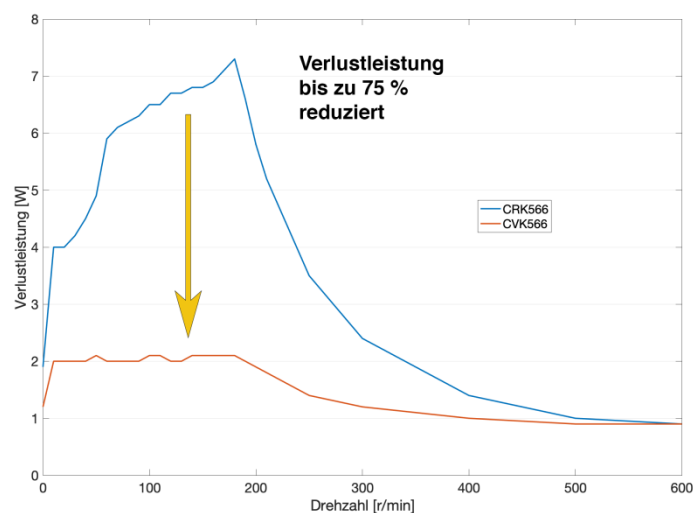


Abb. 7: Bis zu 75 % weniger Verluste durch den Einsatz der neuen CVD-Treiber im Vergleich zum konventionellem Treiber.

Die CVD-Mikroschrittreiber sind sowohl für 2-Phasen- als auch für 5-Phasen-Schrittmotoren verfügbar, neben der Version für Takteingang gibt es auch eine für RS-485-Kommunikation.

Kontakt:  
Oriental Motor (Europa) GmbH  
Tel.: +49-211-52067-00  
[info@orientalmotor.de](mailto:info@orientalmotor.de)