

Schrittmotor

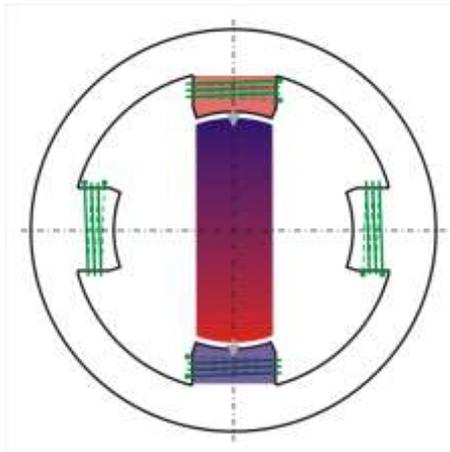
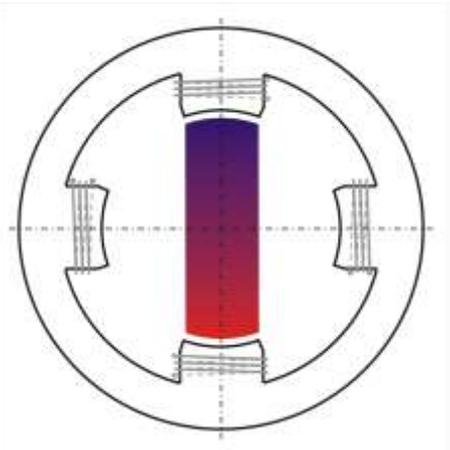


Üblicherweise werden Elektromotoren zum Antrieb von z. B. Maschinen, Hebezeugen oder Fahrzeugen verwendet. Die Regelung ist für GS- oder WS-Motoren hinsichtlich Leistung, Drehzahl und Drehmoment dank elektronischer Steuerungen gut möglich. Die Energieübertragung erfolgt über eine sich kontinuierlich drehende Welle.

Für numerisch gesteuerte Maschinen (NC-Maschinen) werden Elektromotoren zum Ansteuern benötigt, die eine Positionierung auf 1/1000 mm genau möglich machen. Dies geschieht über Gewindestangen, die die drehende Bewegung des Motors in eine lineare Längsbewegung umsetzen. Diese Gewindestange muss auf Umdrehungen und Teilen von Winkelgraden genau eingestellt werden. Die Wiederholbarkeit jeder Position muss ebenfalls möglich sein und eine erreichte Position muss gehalten werden.

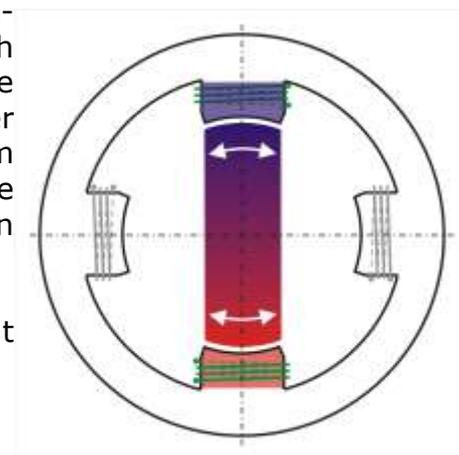
Bei diesen Motoren kommt es nicht darauf an, eine bestimmte Drehzahl oder Leistung zu erbringen, sondern jederzeit exakt anhalten und auch jederzeit die Drehrichtung ändern zu können. Dies ist nur möglich, wenn der Antrieb schrittweise erfolgt und zwar mit möglichst vielen Schritten pro Umdrehung.

Lösungsversuch: Im rechten Bild sind ein vierpoliger Stator und ein zweipoliger Dauermagnet als Rotor zu erkennen. Bei stromlosen Erregerspulen des Stators bleibt der Rotor alle 90° positioniert stehen und zwar immer dann, wenn ein Pol des Stators den magnetischen Fluss des Dauer-Magneten „begünstigt“. Wird der Rotor von Hand aus durchgedreht, können die vier „Rastpositionen“ deutlich gespürt werden.



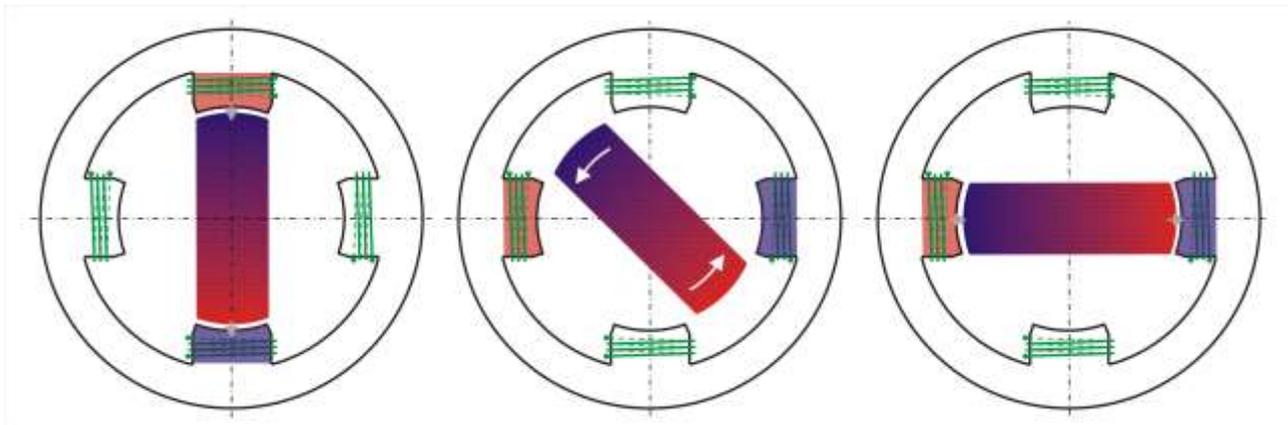
Werden die Erregerspulen der Pole, wie im linken Bild mit Strom durchgeflossen, so wird der Dauermagnet von den magnetisierten Polen magnetisch „fixiert“. Es bedürfte großer Kraft (großem Drehmoment), um die magnetische Bindung zu überwinden. Ungleiche magnetische Pole ziehen einander an.

Würden die Pole elektrisch umgekehrt erregt, stünden sich gleiche Magnetpole gegenüber, die einander abstoßen. Der Rotor würde seine Position rechts- oder linksdrehend um 180° ändern um dann wieder „fixiert“ vom Magnetfeld des Stators „festgehalten“ zu werden. Die Drehrichtung wäre bei diesem Beispiel zufällig oder von kleinen Unterschieden in den Magnetfeldern bestimmt.

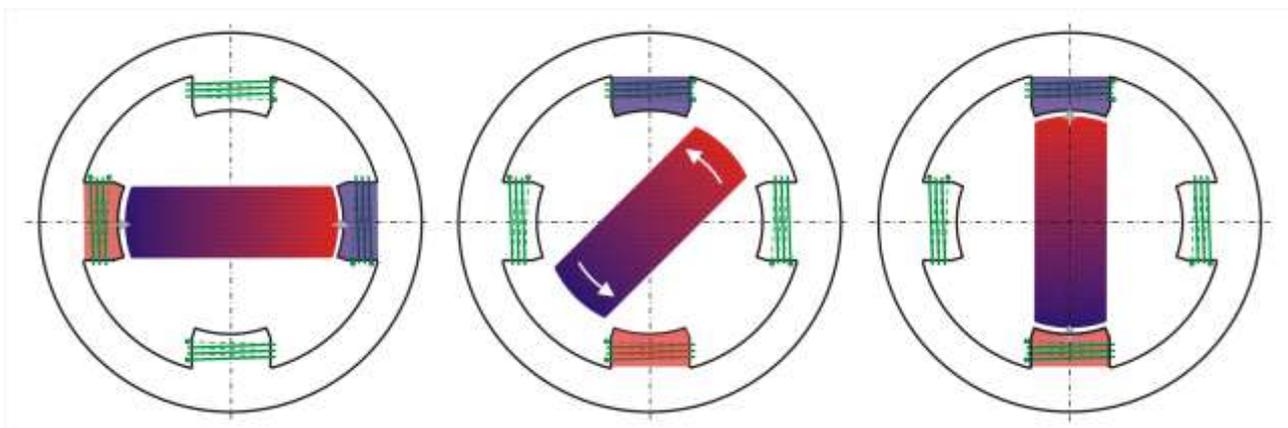


Zwei Bedingungen für Schrittmotore sind aber schon erfüllt nämlich, jederzeit stehen zu bleiben und die Position zu halten.

Nun sind im Stator aber vier Pol vorhanden, die nun genützt werden.



Im linken, oberen Bild hat der Rotor wieder seine „fixierte“ Ausgangsposition. Ab dem mittleren Bild werden die horizontalen Pole elektrisch erregt. Der Dauermagnet wird von diesen Polen angezogen und dreht sich um 90° gegen den Uhrzeigersinn, wonach er wie im rechten Bild ersichtlich „fixiert“ vom Statormagnetfeld „gehalten“ wird.



Das linke, obere Bild ist die Ausgangsposition der vorigen Bildfolge. Ab dem mittleren Bild werden die vertikalen Pole elektrisch erregt und zwar entgegengesetzt der vorigen Bildfolge. Somit wird der Dauermagnet wieder von den neu erregten Polen angezogen und dreht sich um weitere 90° gegen den Uhrzeigersinn, wonach er wie im rechten Bild ersichtlich, vom Statormagnetfeld „fixiert“ und „gehalten“ wird.

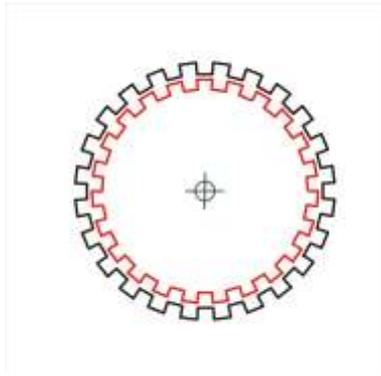
Bei jeder Änderung der elektrischen Erregung zwischen den vertikalen und horizontalen Polen dreht sich der Rotor (Dauermagnet) um 90°. Durch die Polarität der Erregung kann auch nach jedem Schritt zwischen Rechts- und Linksdrehung des Rotors gewählt werden. Es ist also möglich 230 Vierteldrehungen (Schritte) nach links, 105 nach rechts danach wieder 5 nach links und weitere 130 nach rechts zu vollführen, um die Ausgangsposition zu erreichen. $230 - 105 + 5 - 130 = 0$.

Weitere Bedingungen, die Wiederholbarkeit der Positionen und die Drehrichtung sind erfüllt.

Bei diesem Motor sind allerdings nur Vierteldrehungen möglich und selbst bei Erhöhung Polzahl des Stators (auf 8 oder 16) ist keine wirklich hohe Schrittzahl pro Umdrehung zu erreichen.

Zur Ansteuerung der Erregerwicklungen ist eine Elektronik erforderlich und es gibt Leistungs-IC's, L297 und L298 die den Schrittmotor direkt ansteuern. Sie haben vier Eingänge: Schrittfrequenz, Drehrichtung, Freilauf und Halten.

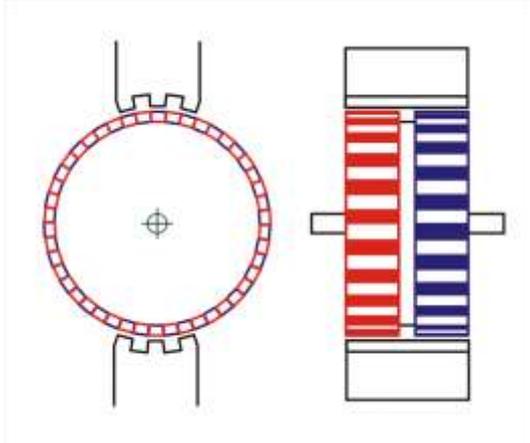
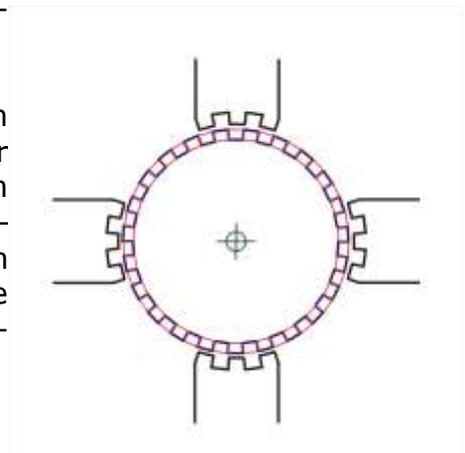
Um die Schritte pro Umdrehung zu erhöhen wird folgendes Prinzip angewendet:



Ein äußerer Zahnkranz mit 24 Zähnen und ein innerer Zahnkranz mit 23 Zähnen hat oben eine Zahn-Zahn-Stellung, unten eine Zahn-Lücke-Stellung (linkes Bild).

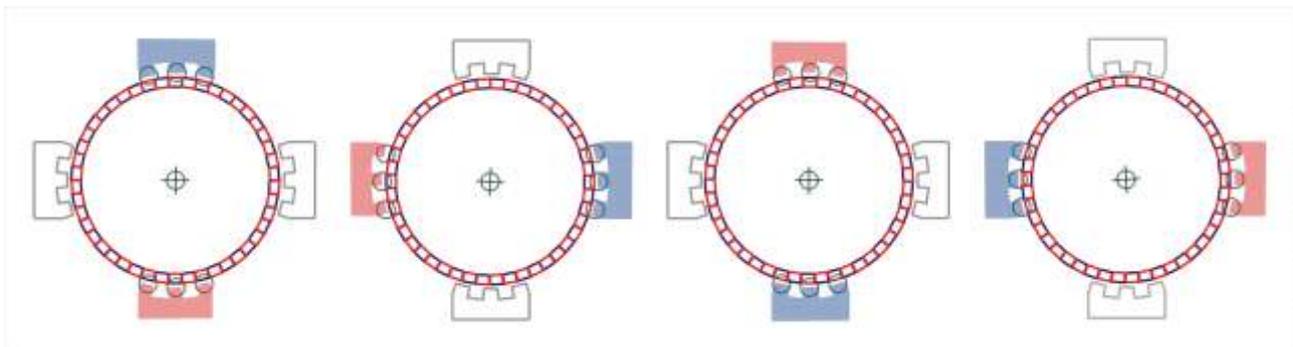
Dies wird nun bei einem vierpoligen Stator mit einer 24-Zahn-Teilung und einem Rotor mit einer 23-Zahn-Teilung benutzt. Oben stehen die roten Zähne, unten die

blauen Zähne (um einen Zahn verdreht) der Statorzahnteilung gegenüber (rechtes Bild).



Im Schnitt, von der Seite sind ein roter und ein blauer Zahnkranz mit 23 Zähnen zu sehen. Der blaue Zahnkranz ist um eine Zahnbreite (Zahn auf Lücke) verdreht. Die beiden Zahnkränze sind der Nord- und Südpol eines sehr starken Dauermagnetes. Durch die Zahnverschiebung ist der magnetische Kreis des Rotordauermagnetes über den Stator geschlossen und daher in stabiler Position.

Bildfolge einer Drehung mit 3 Schritten:



1. Bild: Die vertikalen Pole sind elektrisch erregt, die Gegenpole an den Zahnkränzen des Rotors fixieren den Rotor. Bei den horizontalen Polen sind die Zahnkränze jeweils um eine halbe Zahnbreite verschoben. Je nach Polarität der horizontalen Pole beim nächsten Schritt dreht sich der Rotor um eine halbe Zahnbreite nach links oder nach rechts.
2. Bild: Die horizontalen Pole sind elektrisch erregt und drehen den Rotor um eine halbe Zahnbreite ($3,75^\circ$) im Uhrzeigersinn.
3. Bild: Die vertikalen Pole sind elektrisch erregt, allerdings entgegengesetzt dem 1. Bild. Der Rotor dreht sich wieder um $3,75^\circ$ im Uhrzeigersinn.
4. Bild: Die horizontalen Pole sind elektrisch erregt, allerdings entgegengesetzt dem 2. Bild und drehen den Rotor um eine halbe Zahnbreite ($3,75^\circ$) im Uhrzeigersinn. Die drei Schritte ergeben $3 \times 3,75^\circ = 11,25^\circ$.

Zum Vergleich, drei Schritte beim Schrittmotor im anfänglichen Lösungsversuch ergab eine Drehung von 270° , eben das 24-fache.

Nun kann die Polzahl ohne Probleme verdoppelt werden und ebenso die Verzahnung, was den Winkel pro Schritt unter 1° senkt. Würde von diesem Schrittmotor eine Gewindestange mit einer Steigung von 1mm angetrieben werden, so würde ein Schritt des Motors einen Vorschub z. B. des Supportschlittens einer Drehmaschine von 0,0026 mm bedeuten.

Durch die Wahl der Zahnteilung und der Steigung der Gewindestange lassen sich ganzzahlige metrische Maße pro Schritt erreichen.

Schlussbemerkungen:

Die Drehungszahl solcher Motoren ist maximal einige 100U/min, also einige U/sec. Zu bedenken ist, dass bei jedem Schritt das Magnetfeld im Stator geändert wird und dass der Rotor von Geschwindigkeit 0 auf das Maximum beschleunigt werden muss und danach wieder auf Geschwindigkeit 0 gebremst werden muss. Aber nicht nur der Rotor ist dieser ruckartigen Bewegung ausgesetzt, sondern auch alle Elemente und deren Masse, die der Motor antreibt. All diese Vorgänge benötigen Zeit und daher sind die Drehzahlen bei diesen Motoren eher gering, die Drehmomente aber sehr hoch, dies macht wiederum hohe Stromimpulse bei steilen Flanken erforderlich.

Es ist schon ein gewaltiger Unterschied zu einem Elektromotor, der einen Tischventilator betreibt oder Gondeln einer Seilbahn zieht. Bei den genannten Motoren gilt es Drehzahl oder/und Drehmoment zu erreichen, beim Schrittmotor sind genaue Positionen bei Maschinen, Computerlaufwerken, Ventiltrieben, Luftklappen, etc. gefordert.

