

## Schrittmotor-Steuerungen

### Technische Daten und wichtige Kenngrößen

Der Markt bietet heute eine schwer zu überschauende Vielfalt an Schrittmotor-Steuerungen in allen Preis- und Leistungsklassen. Das vorliegende Dokument soll den Anwender bei der Auswahl geeigneter Geräte für seine Applikation unterstützen. Neben der Erläuterung der wichtigsten technischen Daten wird auch auf typische Schwachstellen einfacher Geräte und Module eingegangen.

#### Begriffsbestimmung

Schrittmotor-Steuerungen bestehen in der Regel aus einem Leistungsteil (auch Endstufe genannt) und einem Steuerteil (Indexer), welches die von außen eingehenden Takt-/Richtungssignale in die Steuersignale für die Endstufe (Stromsollwerte für die Motorwicklungen) umsetzt. Wenn auch eine Positionierlogik vorhanden ist, die z.B. relative oder absolute Fahrkommandos umsetzen kann, ist der Begriff Motor-Controller passender.

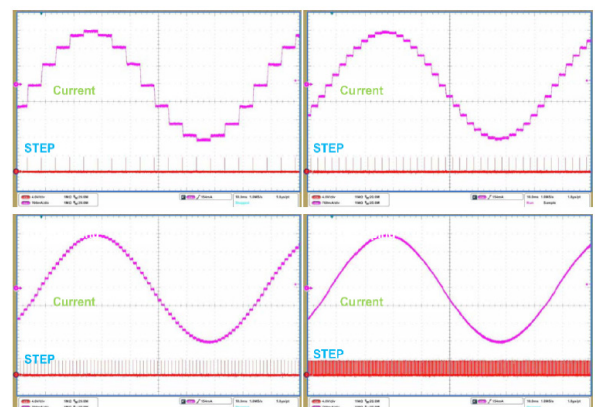
#### Elektrische Daten:

**Betriebsspannung:** Die Spannung, mit der die Endstufe betrieben werden kann, z.B. 15-48V=. Die maximale Nennspannung der im Gerät verwendeten Bauteile muss höher liegen als die vom Hersteller spezifizierte max. zulässige Betriebsspannung, da beim Ein- und Ausschalten Spannungsspitzen entstehen, die sonst zur Zerstörung der Endstufe führen würden. Weiterhin kann es beim Abbremsen von großen Lasten zu einem Ansteigen der Versorgungsspannung kommen, da die Energie in Richtung Netzteil zurück gespeist wird. Daher sollten bei dynamischen Anwendungen ggf. zusätzliche Reserven bei der Versorgungsspannung eingeplant werden.

**Motorstrom:** Der Motorstrom ist in der Regel in einem gewissen Bereich einstellbar. In den technischen Daten wird vor allem der maximal mögliche Motorstrom angegeben. Hier wird oft nur der Spitzenstrom angegeben, während bei den technischen Daten der Motoren der Nennstrom angegeben wird. Um das Nennmoment des Schrittmotors zu erreichen, muss die

Schrittmotorsteuerung den 1,4-fachen Motornennstrom liefern können (s.u.).

**Mikroschrittauflösung:** Neben der physikalischen Auflösung des Motors (Vollschritt, typisch 200 Schritte/Umdrehung bzw. 1,8° pro Schritt) sind feinere Schrittwinkel durch gezielte Variation der Ströme in beiden Motorphasen erreichbar (Halb- bzw. Mikroschritt). Je feiner die Schrittteilung, desto ruhiger läuft der Motor. Andererseits sind bei feineren Auflösungen pro Vollschritt mehrere Takte am Eingang der Schrittmotor-Steuerung erforderlich. Daher muss die Auflösung abhängig von der angestrebten Motordrehzahl und der maximalen Frequenz des Steuersignals gewählt werden. Zu beachten ist, dass der Einsatz von Mikroschritt-Ansteuerung nur die Auflösung des Systems steigert, die Positioniergenauigkeit jedoch nicht verbessert wird [1].



Motorstrom bei verschiedenen Mikroschritt-Auflösungen [Quelle: Datenblatt TI DRV8711].

**Eingangssignale:** Zum Schutz der übergeordneten Steuerung (z.B. PC mit CNC-Software oder SPS) sind die Eingänge der Schrittmotor-Steuerungen meist durch Optokoppler galvanisch von der Elektronik der übergeordneten Steuerung getrennt. Bei niedrigen Betriebsspannungen (<40V=) kann u.U. eine galvanische Trennung entfallen, wenn die Signalleitungen gegen Überstrom gesichert sind. Auch Geräte mit Optokoppler-Eingängen sind meist nur auf Steuersignale mit 5V Pegeln (PC-Logik)

ausgelegt und daher nicht für eine direkte Ansteuerung mit 24V SPS-Signalen geeignet. mechapro bietet Schrittmotor-Steuerungen mit galvanisch getrennten Eingängen, die einen weiten Eingangsspannungsbereich haben (3-28V=) und direkt an SPS I/O-Baugruppen angeschlossen werden können.

**Kurzschlusschutz:** Ein Kurzschlusschutz verhindert die Zerstörung der Endstufe, falls ein Ausgang versehentlich kurzgeschlossen wird. Einige Geräte sichern nur Kurzschlüsse der Motorwicklung selbst ab, andere erkennen auch Kurzschlüsse einer Wicklung gegen Masse oder positive Versorgungsspannung. Die von mechapro angebotenen Geräte sind dauerhaft gegen Kurzschlüsse nach Masse, zwischen den Motorwicklungen und gegen Kurzschlüsse in Bezug auf die Betriebsspannung.

**Stromabsenkung:** Im Gegensatz zu Servomotoren nehmen Schrittmotoren immer Leistung auf, auch wenn sie nicht belastet werden bzw. auch wenn sie sich nicht drehen (Ausnahme: closed-loop Betrieb, s.u.). Um eine übermäßige Erwärmung der Motoren und der Endstufen zu vermeiden, ist es sinnvoll, den Motorstrom bei Stillstand des Motors zu reduzieren. Bei mehrachsigen Anwendungen mit Prozesskräften (z.B. Dreh- und Fräsbearbeitung) sollte dies jedoch nur erfolgen, wenn alle Achsen stehen. Sonst besteht die Gefahr, dass die Bearbeitungskräfte die Positionen der stehenden Achsen beeinflussen.

Alle bei mechapro erhältlichen Schrittmotorsteuerungen und Interfaces bieten einen Eingang, der es ermöglicht, den Strom aller Achsen gemeinsam zu reduzieren. Die 1-kanaligen Geräte können alternativ den Strom auch automatisch reduzieren, wenn kein Taktsignal eingeht.

### **Mechanische Daten:**

**Bauform:** Typische Bauformen sind offene Module (steckbare Platinen), Geräte zur Montage auf Tragschienen („Hutschienenmontage“) sowie „Book-Size“ Gehäuse mit L-förmigem Grundgehäuse zur stehenden Montage im Steuerungsgehäuse oder an der Schaltschrank-Rückwand. Sonderbauformen sind z.B. Motor-Module von SPS-Herstellern, die zusammen mit anderen I/O-Baugruppen auf den internen Bus gesteckt werden.

**Elektrische Anschlüsse:** Für den Anschluss von Versorgungsspannung, Motor und I/O-Signalen



### **Programmierbare Schrittmotorsteuerungen DS30-Serie zur Montage auf Hutschiene.**

stehen Stiftleisten (bei Platinen/Modulen), Schraubklemmen in unterschiedlichen Qualitäten sowie steckbare Verbinder (z.B. Phoenix Combicon) zur Verfügung. Letztere ermöglichen das einfache Herstellen und Trennen von Verbindungen z.B. zum Transport der Anlage oder zum schnellen Austausch von Komponenten. Besonders bei industriellen Anwendungen sollte auf hochwertige Anschlüsse und die an den Klemmstellen einsetzbaren Kabel-Querschnitte geachtet werden.

**Kühlung:** In den meisten Fällen sind Schrittmotor-Steuerungen passiv gekühlt, bei Geräten für größere Leistungen ist teilweise ein Lüfter integriert. Je moderner die Endstufe, desto geringer fallen in der Regel die elektrischen Verluste im Gerät aus, was sich auch positiv auf die Baugröße auswirkt.

### **Stromregelung:**

Man unterscheidet bei Schrittmotor-Endstufen grundsätzlich zwei Ansteuerungsarten: Die einfachste Methode, einen Schrittmotor anzusteuern besteht darin, die beiden Wicklungen über Transistoren statisch ein- und auszuschalten bzw. umzupolen (Ansteuerung mit Konstantspannung). Die Spannung muss dabei passend zur Motorwicklung gewählt werden (Motornennspannung laut Typenschild). Heute findet man diese Technik nur noch in preissensitiven Anwendungen mit sehr kleinen Motoren (z.B. für Zeigerinstrumente in KFZ-Kombiinstrumenten) [2].

Um den Strom in der Wicklung schneller aufbauen zu können, werden Schrittmotoren bevorzugt mit Spannungen betrieben, die deutlich über ihrer Nennspannung liegen. Dafür

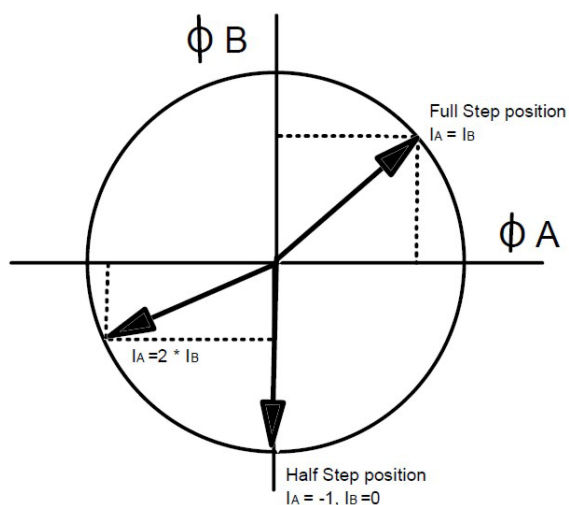
ist eine Endstufe mit Stromregelung erforderlich. Der Stromregler verhindert eine Überlastung des Motors, in dem er bei Erreichen des Nennstroms die Wicklung kurzzeitig abschaltet. Die Wicklung wird erst wieder bestromt, wenn der gemessene Strom wieder unter dem eingestellten Nennstrom liegt (Ansteuerung mit Konstantstrom). Es ergibt sich (bei stehendem Motor) im zeitlichen Mittel derselbe Motornennstrom, als wäre nur die Nennspannung des Motors angelegt worden.

Um hohe Drehzahlen und gleichmäßig aufgelöste Mikroschritte realisieren zu können, ist die Steuerung des Stroms in der Phase, in welcher die Wicklung abgeschaltet ist, von großer Bedeutung. Hier gilt es, einen guten Kompromiss zwischen gutem Störverhalten / niedrigem Stromrauschen und schnellem Energieabbau beim Umpolen der Wicklung zu erreichen [3].

### Spitzenstrom vs. Effektivstrom:

Der Nennstrom eines Motors wird vom Hersteller immer für den Vollschrittbetrieb angegeben. In dieser Betriebsart sind stets beide Wicklungen voll bestromt. Dies ist also der ungünstigste Fall, bei dem die maximal zulässige Verlustleistung anfällt.

Bei der Ansteuerung im Mikroschritt wird der Strom in den Wicklungen gezielt variiert. Für eine unendlich feine Schrittteilung ergeben sich Sinus bzw. Cosinus förmige Motorströme. Dadurch sind aber nie beide Wicklungen gleichzeitig voll bestromt. Die im Motor anfallende Verlustleistung ist also geringer als im



Vektorielle Addition der Phasenströme in den unterschiedlichen Rotorpositionen [Quelle: ST Microelectronics, AN1495].

Vollschritt. Um den Motor voll auszulasten, kann der Strom gegenüber dem Vollschritt um den Faktor  $\sqrt{2} \approx 1,414$  erhöht werden. Für einen Motor mit 2A Nennstrom ist also eine Endstufe mit einem Spitzenstrom von 2,83A erforderlich. Aus diesem Grund wird bei allen Endstufen von mechapro neben dem Spitzenstrom auch der Effektivwert des Stroms angegeben, der größer oder gleich dem Motornennstrom sein sollte.

Bei einfachen Halbschrittansteuerungen wird in den Halbschritt-Positionen jeweils eine Wicklung abgeschaltet. Dies führt zu einem reduzierten Drehmoment (Faktor 0,7, da die Kraftvektoren der Wicklungen senkrecht zueinander stehen) und somit auch zu einem ungleichmäßigen Motorlauf. Moderne Steuerungen verwenden für den Halbschritt-Betrieb das gleiche Verfahren wie für den Mikroschritt, so dass der Motorstrom erhöht wird, wenn nur eine der beiden Wicklungen bestromt ist.

### Positionserfassung

Schrittmotoren werden klassisch gesteuert betrieben (open-loop), also ohne Rückführung der gemessenen Position. Bei geeigneter Auslegung von Schrittmotor und Steuerung sind sogenannte „Schrittverluste“, also das Ausrasten und Stehenbleiben des Motors, kein Problem. Die aktuelle Position ergibt sich durch Mitzählen der Taktsignale, mit der die Schrittmotorsteuerung angesteuert wird.

Inzwischen sind jedoch Schrittmotoren mit Encoder zur Positionsmessung keine Seltenheit mehr. Je nach verwendeter Steuerung dient der Encoder nur dazu, ausgelassene Schritte oder ein komplettes Ausrasten des Motors zu erkennen. Ob das die zusätzlichen Kosten für Encoder und Verdrahtung rechtfertigt, muss im Einzelfall entschieden werden.

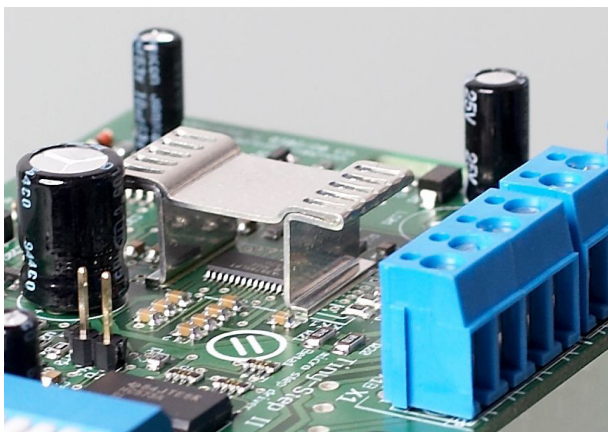
Wirklich interessant wird der Encoder erst dann, wenn die Ansteuerung des Motors geregelt erfolgt (closed-loop). Dann kann der Schrittmotor wie ein Synchron-Servo feldgeregelt betrieben werden. Diese Betriebsart ist durch einen höheren Wirkungsgrad und höhere mögliche Drehzahlen geprägt. Allerdings beherrschen nur wenige Steuerungen diese Betriebsart, zudem ist die Inbetriebnahme etwas aufwändiger. Um die Kosten für den Encoder zu vermeiden, ohne auf die zusätzliche Sicherheit zu verzichten, werden Verfahren zu sensorlosen Überlast-Erkennung („Stall detection“) eingesetzt. Hierbei wird die in den Motorwicklungen induzierte, drehzahlabhängige Gegeninduktions-

spannung gemessen. Wie gut dieses Verfahren funktioniert hängt vom verwendeten Motor, vom Bewegungsprofil sowie der Einstellung der Schwellwerte ab. Bei sehr niedrigen oder sehr hohen Geschwindigkeiten oder ständig wechselnder Drehzahl ist eine sichere Erkennung jedoch schwierig.

### Motor-Shields

Im Umfeld der „Maker“-Szene erfreuen sich sogenannte „Motor-Shields“ wachsender Beliebtheit, welche z.B. in selbst gebauten 3D-Druckern und einfachen CNC-Fräsen zum Einsatz kommen. Auf preiswerten, winzigen Platinen werden Motortreiber-ICs als komplette Schrittmotor-Steuerung vermarktet und mit den Maximalwerten der IC-Hersteller beworben. Die meisten Module werden aber aus folgenden Gründen den versprochenen Leistungen nicht gerecht:

Die Schaltungen enthalten in den seltensten Fällen mehr als die absolute Minimalbeschaltung der Treiberchips. Es fehlt an ausreichend großen Elkos zum Puffern der Versorgungsspannung, Schutzbeschaltung der I/Os-Pins sowie der nötigen Kühlfläche auf der Platine zum Abführen der elektrischen Verlustleistung. Zur Kühlung werden teilweise Kühlkörper zum Aufkleben auf die Kunststoff-Gehäuse der Treiber-ICs als Option angeboten. Solche Kühlkörper nützen wenig, da moderne Motor-Steuer-ICs ihre Abwärme über ein unten liegendes Kühlpad direkt an die Platine abgeben. Der Wärmeübergangswiderstand am Gehäuse ist dagegen viel zu groß, als dass ein Kühlkörper den innen



*Kühlung eines Motorsteuer-ICs mit über die Kupferfläche der Leiterplatte mit zusätzlichem Kühlkörper bei der Tiny-Step von mechapro.*

liegenden „Die“ (Silizium-Chip) wirksam kühlen könnte. Vom Einsatz solcher Shields ist daher in industriellen Anwendungen dringend abzuraten.

### Auswahl der passenden Schrittmotor-Steuerung:

mechapro führt eine Auswahl an Schrittmotor-Steuerungen, sowohl aus eigener Entwicklung als auch von Partner-Firmen, welche sich durch moderne Treiberstufen und verschiedene Zusatzfunktionen von anderen Lösungen im Markt abheben. Die meisten Produkte sind ab Lager lieferbar und können einfach und unkompliziert online bestellt werden [4].

Sollten Sie für eine Serienanwendung spezielle Anforderungen haben, kontaktieren Sie uns bitte per E-Mail. Wir können oft bereits bei kleinen Stückzahlen durch Ableiten von Varianten aus unseren Standardprodukten eine schnelle und preiswerte Lösung anbieten. Um Ihre Anfrage zügig bearbeiten zu können, benötigen wir möglichst alle bekannten Daten vom anzusteuern Motor.

Links:

- [1] <http://www.schrittmotor-blog.de/die-bedeutung-des-lastwinkels-bei-schrittmotoren/>
- [2] <http://www.schrittmotor-blog.de/die-sache-mit-der-spannung/>
- [3] <http://www.schrittmotor-blog.de/stromregelung-von-schrittmotoren-auf-das-abschalten-kommt-es-an/>
- [4] <http://www.mechapro.de/shop/>