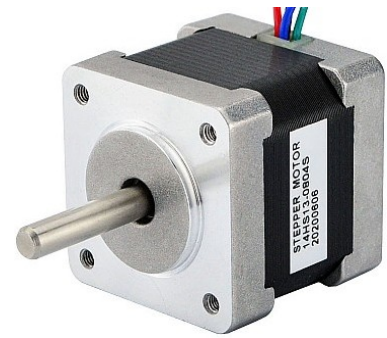


## Schrittmotoren

Als Antriebsmotoren und für manche Hilfsfunktionen haben sich Schrittmotoren bewährt. Es bieten sich verschiedene Typen und Größen an. Ein möglicher Distributor mit großer Auswahl ist „Stepperonline“ (<https://www.omc-stepperonline.com/de>).

Bei der Auswahl ist zu beachten, dass die Motoren eine Nennspannung von etwa 4.5 – 6 V haben, obwohl die Betriebsspannung des Motor Controllers etwa 12 V beträgt. Die Motortreiber begrenzen den Strom, so dass an den Motoren nicht mehr als deren Nennspannung ankommt. Durch diese Maßnahme lassen sich eine höhere Drehzahl und ein größeres Drehmoment erreichen.



Zur Verbindung mit der Motor Controller Platine sind die Motorleitungen per Crimpen oder Löten mit einem 4-pin JST Stecker zu versehen (Blick auf Buchse am Controller):

|          |         |    |    |    |
|----------|---------|----|----|----|
| Kerbe    | — — — — |    |    |    |
| Stift    | •       | •  | •  | •  |
| #        | 1       | 2  | 3  | 4  |
| Funktion | A+      | A- | B+ | B- |
| Kabel    | sw      | gn | rt | bl |

Nachfolgend die Daten von drei möglichen Schrittmotoren:

### Fahrmotoren

|  |   |
|--|---|
| Art  | Schrittmotor (bipolar)  |
| Typ  | 14HS13-0804S von stepperonline.com                            |
| Standard                                     | NEMA 14   |
| Motorstrom                                   | max. 0.8 A  |
| Wicklungswiderstand                          | 6.8 Ohm   |
| Wicklungsinduktivität                        | 10 mH   |
| Strom von 12V-Speisung über Motor Controller | Mittelwert mit PWM-Ansteuerung:<br>typisch 0.2 A , max. 0.4 A |
| Elektrischer Anschluss                       | 14 cm Kabel JST 4-polig                                       |
| Schrittweite                                 | 1.8° (Vollschritt) , 0.9° (Halbschritt)                       |
| Drehmoment                                   | 12 Ncm @ < 2.5 U/s , 7.5 Ncm @ < 5 U/s                        |
| Drehzahl                                     | im Halbschrittbetrieb, empirisch: max. 5 U/s                  |
| Achse  | Ø 5 mm mit Abflachung , 22 mm lang einseitig                  |
| Größe  | 37 mm x 35 mm (ohne Achse)                                    |
| Höhe   | 35 mm   |
| Masse  | 190 g   |

|             |  |
|-------------|--|
| Befestigung | 4x Innengewinde M3<br>Abstand 26 mm (ca. 3 Legolöcher) |
|-------------|--|

### Hilfsmotoren klein

|  |  |
|--|--|
| Art  | Schrittmotor (bipolar)   |
| Typ  | 8HS15-0604D von stepperonline.com  |
| Standard                                     | NEMA 8   |
| Motorstrom                                   | max. 0.6 A   |
| Wicklungswiderstand                          | 10 Ohm   |
| Wicklungsinduktivität                        | 5.5 mH   |
| Strom von 12V-Speisung über Motor Controller | Mittelwert mit PWM-Ansteuerung:<br>typisch 0.15 A , max. 0.3 A                       |
| Elektrischer Anschluss                       | 14 cm Kabel JST 4-polig  |
| Schrittweite                                 | 1.8° (Vollschritt) , 0.9° (Halbschritt)  |
| Drehmoment                                   | 2.4 Ncm @ < 5 U/s  |
| Drehzahl                                     | im Halbschrittbetrieb, empirisch: max. 3 U/s   |
| Achse  | Ø 4 mm , beidseitig, 8 mm bzw. 6 mm lang<br>Achsadapter: 5mm-Welle oder 20mm-Flansch |
| Größe  | 40 mm x 20 mm (ohne Achsen)  |
| Höhe   | 20 mm (ohne Kabelanschluss)  |
| Masse  | 85 g (mit Achsadapter)   |
| Befestigung                                  | 4x Innengewinde M2<br>Abstand 15.4 mm (ca. 2 Legolöcher)                             |

### Hilfsmotoren mittel

|  |   |
|--|---|
| Art  | Schrittmotor (bipolar)  |
| Typ  | 11HS18-0674S von stepperonline.com                            |
| Standard                                     | NEMA 11   |
| Motorstrom                                   | max. 0.67 A   |
| Wicklungswiderstand                          | 6.8 Ohm   |
| Wicklungsinduktivität                        | 5 mH  |
| Strom von 12V-Speisung über Motor Controller | Mittelwert mit PWM-Ansteuerung:<br>typisch 0.2 A , max. 0.3 A |
| Elektrischer Anschluss                       | 25 cm Kabel JST 4-polig                                       |
| Schrittweite                                 | 1.8° (Vollschritt) , 0.9° (Halbschritt)                       |
| Drehmoment                                   | 8 Ncm @ < 7 U/s   |
| Drehzahl                                     | im Halbschrittbetrieb, empirisch: max. 3 U/s                  |
| Achse  | Ø 5 mm mit Abflachung , 18 mm lang einseitig                  |
| Größe  | 47 mm x 28 mm (ohne Achse)                                    |

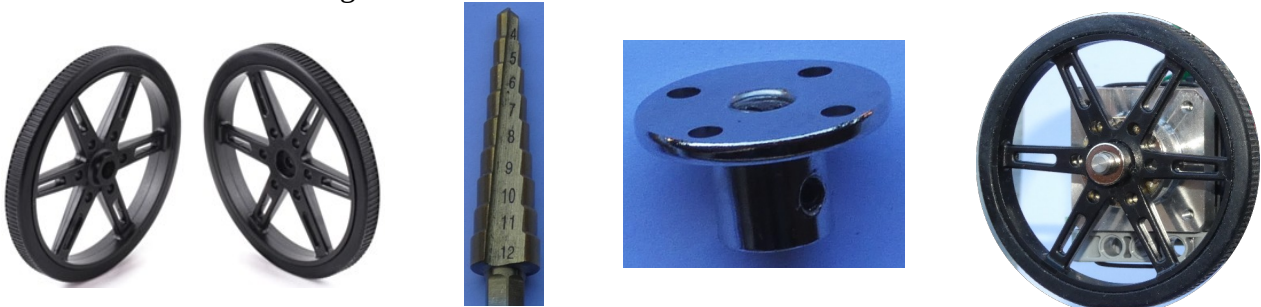
|             |  |
|-------------|--|
| Höhe        | 28 mm (ohne Kabelanschluss)                              |
| Masse       | 165 g  |
| Befestigung | 4x Innengewinde M2.5<br>Abstand 23 mm (ca. 3 Legolöcher) |

## Bereifung

Die Felge muss an die Achse der Schrittmotoren (gewöhnlich 5 mm Durchmesser) angepasst werden.

Dazu sind verschiedene Reifen von Fischertechnik, aus der Lego-Serie oder von Polulo geeignet. Anhand der Polulu-Reihe „for Standard Servo Splines“, die es zum Beispiel mit 60 mm, 70 mm oder 80 mm Reifendurchmesser gibt, wird eine Möglichkeit der Ankopplung vorgestellt (Best.Nr. 4925 / 70 mm).

1. Mit einem Stufenbohrer wird die Mittelbohrung der Felge auf 10 mm erweitert.
2. Eine Flanschkupplung mit 5 mm Innendurchmesser wird in die Felgenbohrung gesteckt und mit einem Zweikomponentenkleber verklebt. Achte beim Aushärten darauf, dass der Flansch parallel zur Felge steht.
3. Mit Hilfe zweier Madenschrauben wird die Flanschkupplung auf der Motorachse fixiert. Falls die Motorachse eine Abflachung besitzt, sollte eine der Madenschrauben diese plan berühren. Ziehe die Madenschrauben vorsichtig im Wechsel an.



Bei anderen Radtypen lässt sich die Flanschkupplung gegenfalls auch mit Hilfe von Schrauben fixieren.

Bei breiteren Reifen (z.B. Fischertechnik) kann auch die Felgenbohrung vorsichtig auf 5 mm aufgebohrt und direkt auf die Motorachse gesteckt werden. Sie sollte fest auf der Achse sitzen.

Schrittmotoren für Hilfsfunktionen lassen sich über eine Achskupplung mit einer Lego-Kreuzstange verbinden:



## Servo-Motoren

Für bestimmte Roboterfunktionen können auch Servos eingesetzt werden. Sie bieten zwar nur einen begrenzten Drehbereich (je nach Ausführung 180° - 360°), aber ein hohes Drehmoment und lassen sich einfach digital mit PWM ansteuern.

Auf dem Master Controller befinden sich zwei 3-polige JST-Buchsen für Servoantriebe. Um sie mit den üblichen 4,8 – 6 V zu betreiben, stehen hier 5.5 V zur Verfügung.

Auf dem Markt gibt es eine Vielzahl von Mini-Servos für Modellfahrzeuge. Diese sind sehr preisgünstig und prinzipiell auch für Roboter einsetzbar, aber nur schwierig mit Legoteilen zu kombinieren.

Eine Alternative bietet der so genannte Geek-Servo (graue Ausführung!), der direkt mit 16 Legolöchern zur Befestigung und einer beidseitigen Achse für Lego-Kreuzstangen ausgestattet ist:

Ich habe allerdings nur chinesische Anbieter gefunden.



Technische Daten der Servos:

### Geek-Servo

|   |   |
|---|---|
| Typ   | Geekservo grau                                |
| Versorgungsspannung                           | 4,8 – 6.4 V                                   |
| Stromaufnahme                                 | ca. 200 mA @ 5 V , max. 800 mA (stalled)      |
| Strom von 12V-Speisung über Master Controller | ca. 100 mA , max. 400 mA (stalled)            |
| Anschluss                                     | Kabel 30 cm mit JST-Stecker 3-polig           |
| Steuergröße                                   | Pulsweite (ca. 500 – 2500 µs)                 |
| Stellwinkel                                   | 0 - 360°                                      |
| Drehmoment                                    | 18 Ncm  |
| Stellzeit                                     | ca. 0.4 s/180°                                |
| Unterstützende Bibliotheken                   | AnadigMaster: ServoMotor<br>Servo             |
| Größe   | 40 mm x 24 mm                                 |
| Höhe  | 24 mm   |
| Masse   | 21 g (mit Kabel)                              |
| Achse   | für Lego-Kreuzstange , beidseitig             |
| Befestigungslöcher                            | 16x Legolöcher, Abst. 8-32mm (1-4 Legolöcher) |

### Mini-Servo

|   |                  |
|---|------------------|
| Typ   | SG90 3g          |
| Versorgungsspannung                           | 4.8 – 6.4 V      |
| Stromaufnahme                                 | ca. 100 mA @ 5 V |
| Strom von 12V-Speisung über Master Controller | ca. 50 mA        |

|                             |                                     |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| Anschluss                   | Kabel 22 cm mit JST-Stecker 3-polig |
| Steuergröße                 | Pulsweite (ca. 500 – 2500 $\mu$ s)  |
| Stellwinkel                 | 0 - 180°                            |
| Drehmoment                  | 24 Ncm                              |
| Stellzeit                   | ca. 0.3 s/180°                      |
| Unterstützende Bibliotheken | AnalogMaster: ServoMotor<br>Servo   |
| Größe                       | 33 mm x 12 mm                       |
| Höhe                        | 33 mm                               |
| Masse                       | 11 g (mit Kabel)                    |
| Achse                       | für Servoarm                        |
| Befestigungslöcher          | 2 x 2 mm Ø, Abstand 28 mm           |