

Motorsteuerung

Model	Holding Torque	Rated voltage	Shaft	Step angle	Motor length	Rated current	Inductance
42HT47	44 N-cm	2.8 V	Ø 5 mm Dual	1.8°	47 mm		
42SHD0404-22	52 N-cm	3.84 V	Ø 5 mm Single	1.8°	48 mm		
42BYGH4803(SKU 1124030)	54.0 N-cm	4.2 V	Ø 5 mm single	1.8°	48 mm		
42BYGH4803-DC (SKU 1124090)	54.0 N-cm	4.2 V	Ø 5 mm single	1.8°	48 mm		
LDO-42STH47-1684A	50 N-cm	2.8 V	Ø 5 mm single or dual	1.8°	47 mm	1.68A	2.8 mH
LDO-42STH47-1684AC	50 N-cm	2.8 V	Ø 5 mm single or dual	1.8°	47 mm	1.68A	2.8 mH
4118S-62-07	31 N-cm		Ø 5 mm	1.8°	34 mm		
17HS4417	40.0 N-cm	2.6 V	Ø 5 mm single	1.8°	40 mm	1.7A	2.8 mH
SM-42BYG011-25	23.0 N-cm	12 V	Ø 5 mm single	1.8°	34 mm	0.33A	46 mH[1]
17HS1011-20B	28.0 N-cm	4.8 V	Ø 5 mm single	1.8°	34 mm		
17HS3001-20B	40.0 N-cm	2.0 V	Ø 5 mm single	1.8°	40 mm	1.2 A	4.5 mH
17HS5005-S24	44.0 N-cm	3 V	Ø 5 mm double	1.8°	48 mm		
17HS6002-27B	65.0 N-cm	4.05 V	Ø 5 mm single flat	1.8°	60 mm		
17HD2038E	45.0 N-cm		Ø 5 mm single	1.8°			
17HS19-1684S	55 N-cm	2.8 V	Ø 5 mm single	1.8°	47 mm	1.68A	2.8mH
KH42JM2B087C	33 N-cm	6.7 V	Ø 5 mm single	1.8°	42 mm		
SY42STH47-1206A	31.1 N-cm	4.0 V	Ø 5 mm single	1.8°	40 mm	1.2A	2.8 mH
SY42STH47-1504A	55.0 N-cm	2.8 V	Ø 5 mm	1.8°	47 mm		
SY42STH47-1684A	43.1 N-cm	2.8 V	Ø 5 mm single	1.8°	48 mm		
SY42STH47-1684B	43.1 N-cm	2.8 V	Ø 5 mm double	1.8°	48 mm		
TB35HT36-1004A	35.3 N-cm	2.8 V	Ø 5 mm single	1.8°	36 mm		
TB35HT36-1004B	35.3 N-cm	2.8 V	Ø 5 mm double	1.8°	36 mm		
QSH4218-51-049	49 N-cm		Ø 5 mm	1.8°	47 mm		
42BYGH W811	47.0 N-cm	3.1 V	Ø 5 mm	1.8°	48 mm	2.5A	1.8 mH
42HB34F103AB	23.5 N-cm		Ø 5 mm single	1.8°	34 mm		
42SHD0412-175S	44 N-cm	2.8 V	Ø 8mm mm dual L175mm	1.8°	44 mm		
1704HS168A	54 N-cm	2.8 V	Ø 5 mm single flat	1.8°	48 mm	1.68A	2.8mH
1703HS168A	44 N-cm	2.8 V	Ø 5 mm single flat	1.8°	40 mm	1.68A	3.6mH
1704HD150AW	55 N-cm	4.2 V	Ø 5 mm single flat	1.8°	48 mm		
JK42HS34-1334AC	22 N-cm	2.8 V	Ø 5 mm single flat	1.8°	34 mm	1.33A	2.5mH
17HS16-2004S1	45 N-cm	-	Ø 5 mm single flat	1.8°	40 mm	2A	2.6mH
17HS24-1206S	65 N-cm	-	Ø 5 mm single flat	1.8°	60 mm	1.2A	7mH
17HS6002-N27BA	65 N-cm	4.05 V	Ø 5 mm single flat	1.8°	60 mm	1.5A	6.5mH

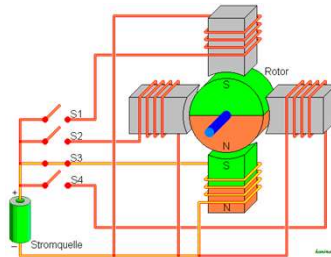
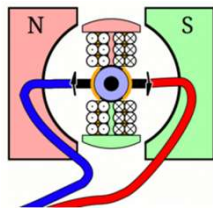
SL42STH40-1684A
 Step Angle: 1.8°
 Step Angle Accuracy: ±5%
 Voltage: 2.8V
 Current per phase: 1.68A (4,7W)
 Resistance per phase: 1.65Ω
 Resistance accuracy: ±10%
 Inductance per phase: 3.2mH
 Inductance accuracy: ±20%
 Holding torque: 3.6 Kg-cm (0.4 N-m)
 Moment of inertia: 54 g/cm²
 Weight: 0.28 kg
 Orientation torque: 150 g/cm
 Length: 40 mm
 Temperature rise: 80°C max
 Ambient temperature: -20°C ~ +50°C
 Insulation resistance: 100MO min, 500VDC
 Shaft radial play: 0.02 mm
 Shaft axial play: 0.08 mm
 Max. radial force: 28N
 Max. axial force: 10N



Hardware

1

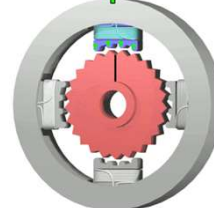
2poliger Permanent-Gleichstrommotor



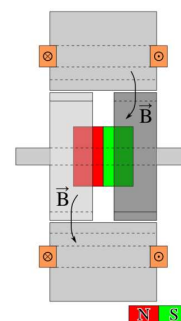
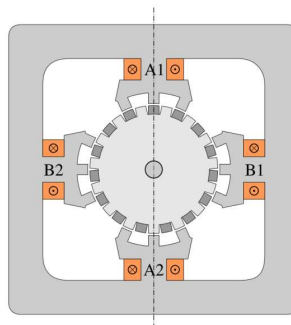
Permanent – Schrittmotor
 Schrittauflösung begrenzt – Hohes Drehmoment

Reluktanz – Schrittmotor

Kein Permanentmagnet, gezahnter Rotor
 Kein Rastmoment bei ausgeschaltetem Strom



Mischung: Hybrid - Schrittmotor



Motortypen

2

Schrittauflösung

Die physikalische Schrittauflösung eines Motors hängt von der Anzahl der einzeln steuerbaren Phasen (=Spulen, **üblicherweise 2**) und von der Anzahl der Polpaare (=Nord- bzw. Südpol(-zähne) im Rotor) ab.

Diese werden in Winkelgraden angegeben.

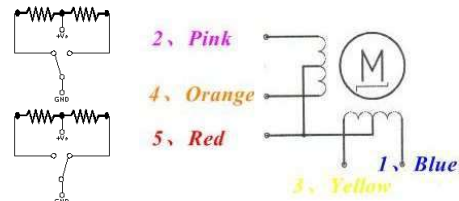
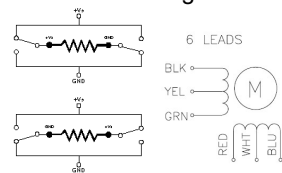
ZB

$0.9^\circ = 400$ Schritte/Umdrehung

$1.8^\circ = 200$ Schritte/Umdrehung

$7.5^\circ = 48$ Schritte/Umdrehung

Phasenschaltung



Bipolar: 4 oder 6 Drähte

Spulen werden umgepolt

mehr Leistung, komplizierte Schaltung

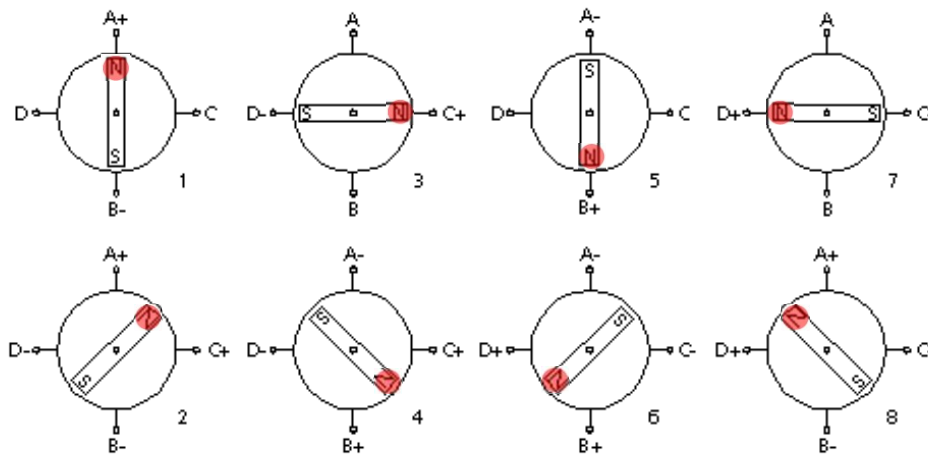
Unipolar: 5 Drähte

Spulen abwechselungsweise bestromt:

weniger Leistung, einfachere Schaltung

Schrittauflösung

3



Obere Reihe „Wavedrive-Betrieb“: immer nur 1 Spule bestromt

Untere Reihe „Normal-Betrieb“: immer beide Spulen bestromt (Full Step)

Beide Reihen „Halbschritt-Betrieb“ (Half Step)

Funktionsweise

4

Wavedrive Fullstep } Halfstep

Um einen unruhigen Lauf zu kompensieren, wird im „Full-Step-Mode“ vom Treiber der Spulenstrom lediglich um Faktor $\sqrt{2}$ erhöht.

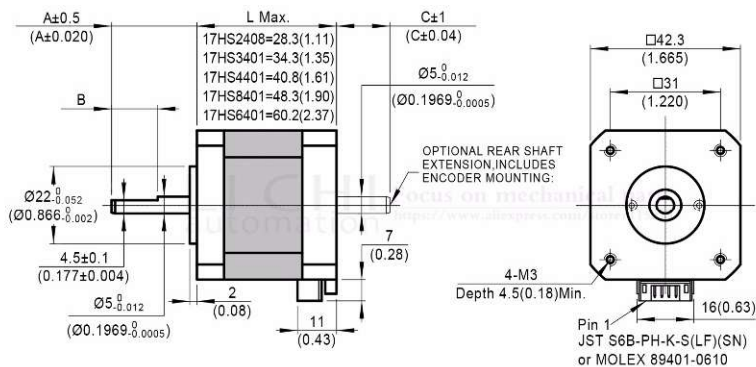
Der **Treiber** kann die Schritte noch weiter unterteilen 1/4 Step – 1/8 Step – 1/16 Step – usw

Wenn Sie die Haltekraft (Holding Torque) im „Full Step Mode“ bestimmen ist dies entsprechend der Tabelle ein Maximum.

Funktionsweise

Step Angle	Full Step	1/2 Step	1/4 Step	1/8 Step	Phase 1 Current	Phase 2 Current	Current Sum	Holding Current
0.0		1	1	1	100	0	100	Min
11.3				2	98.08	19.51	117.59	
22.5			2	3	92.39	38.27	130.66	
33.8				4	83.15	55.56	138.71	
45.0	1	2	3	5	70.71	70.71	141.42	Max
56.3				6	55.56	83.15	138.71	
67.5			4	7	38.27	92.39	130.66	
78.8				8	19.51	98.08	117.59	
90.0		3	5	9	0	100	100	Min
101.3				10	19.51	98.08	117.59	
112.5			6	11	38.27	92.39	130.66	
123.8				12	55.56	83.15	138.71	
135.0	2	4	7	13	70.71	70.71	141.42	Max
146.3				14	83.15	55.56	138.71	
157.5			8	15	92.39	38.27	130.66	
168.8				16	98.08	19.51	117.59	
180.0		5	9	17	100	0	100	Min
191.3				18	98.08	19.51	117.59	
202.5			10	19	92.39	38.27	130.66	
213.8				20	83.15	55.56	138.71	
225.0	3	6	11	21	70.71	70.71	141.42	Max
236.3				22	55.56	83.15	138.71	
247.5			12	23	38.27	92.39	130.66	
258.8				24	19.51	98.08	117.59	
270.0		7	13	25	0	100	100	Min
281.3				26	19.51	98.08	117.59	
292.5			14	27	38.27	92.39	130.66	
303.8				28	55.56	83.15	138.71	
315.0	4	8	15	29	70.71	70.71	141.42	Max
326.3				30	83.15	55.56	138.71	
337.5			16	31	92.39	38.27	130.66	
348.8				32	98.08	19.51	117.59	

5



National Electrical Manufacturers Association (NEMA), bezeichnet Flanschmaß
Typisches Haltemoment ist längenabhängig

NEMA 08, 20 mm × 20 mm, 0.036 Nm – 3.6Ncm – 0.36Kg/cm

NEMA 11, 28 mm × 28 mm, 0.1 Nm – 10Ncm – 1Kg/cm

NEMA 14, 35 mm × 35 mm, 0.3 Nm – 30 Ncm – 3Kg/cm

NEMA 17, 42 mm × 42 mm, 0.4 Nm – 40 Ncm – 4Kg/cm

NEMA 23, 57 mm × 57 mm, 1–3 Nm – 100-300 Ncm – 10-30Kg/cm

NEMA 34, 86 mm × 86 mm, 4.5 – 12 Nm – 450 – 1200 Ncm – 45-120Kg/cm

NEMA 42, 110mm x 110mm 12 – 45 Nm – 1200 – 2000 Ncm – 120-200Kg/cm

NEMA - Größen

6

Das Haltemoment wird angegeben in Nm oder Ncm oder in oz-in

1 N-m = 141.61193227806 oz-in

1 oz-in = 0.007061551833333 Nm.

zB 270 oz-in (1.89Nm) = 180Ncm = 18Kgcm

Der Zahnriemenradradius GT2, 20 Zähne beträgt etwa 6.3 mm

Unser Motor hat also –

Holding torque: 0.4 Nm (1N = 100g) = 40Ncm = 4Kg/cm

- ein Haltemoment im Full Step Mode von ca 6Kg

- Umfang Zahnrad X/Y: 20 Zähne x 2mm = 40mm

- Bei 200 Schritten eine Auflösung von 0.2mm im Vollschrirrbetrieb oder 0.0125mm im 1/16 Stepmode

Wird die zulässige Kraft (und/oder Geschwindigkeit) überschritten, ergeben sich Schrittverluste, der grösste Feind des Schrittmotors.

Kraft

7

Servomotorsteuerung (*servus*, „Diener, Sklave“) vergleicht über einen externen Sensor (Drehgeber, Encoder) Sollwert mit Istwert und korrigiert entsprechend: Keine Schrittverluste mehr!

Schrittmotor-Servo (uStepper)



Servo



Drucker-Servo

Modellbau-Servo



8

Spannung sorgt für Haltekraft und für Schnelligkeit
 - Rated Voltage (Nennspannung): 3.96V
 Strom sorgt für Haltekraft.
 - Current: 0.9A
 - Leistung: VA (Watt) -> 3.5W (Wird leider nie angegeben)
 Resistance: 4.4 Ohm (Nach ohmschem Gesetz $R=U/I$)

Die Werte muss man kennen, um den passenden Treiber zu wählen

Die Betriebstemperatur sollte 50°C – 80°C (handheiss) nicht übersteigen.
 Wird der Wert längere Zeit überschritten, verbrennt der Motor: Die Isolation der Spulenwindungen schmelzen und dadurch entstehen Kurzschlüsse: Kühlung des Extrudermotors!

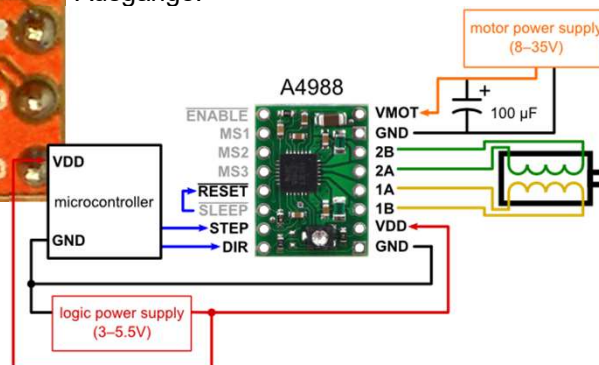
elektrisch

9



Der Treiber mischt den Motorstrom VMOT und GND mit dem Steuersignal des Computers STEP und DIR. Zum Betrieb des Treibers braucht es 5V Betriebsstrom VDD und GND. Das Drehpotentiometer regelt die Strommenge für den Motor. MS1 MS2 MS3 bestimmen den Step-Modus (Full, $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{16}$). ENABLE (blockiert output) RESET (zurücksetzen) SLEEP (Steuerstromreduktion) sind zusätzliche Steuermöglichkeiten der Ausgänge.

Hardware - Treiber

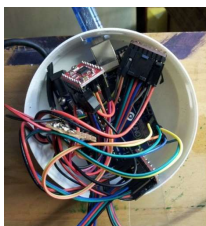


10

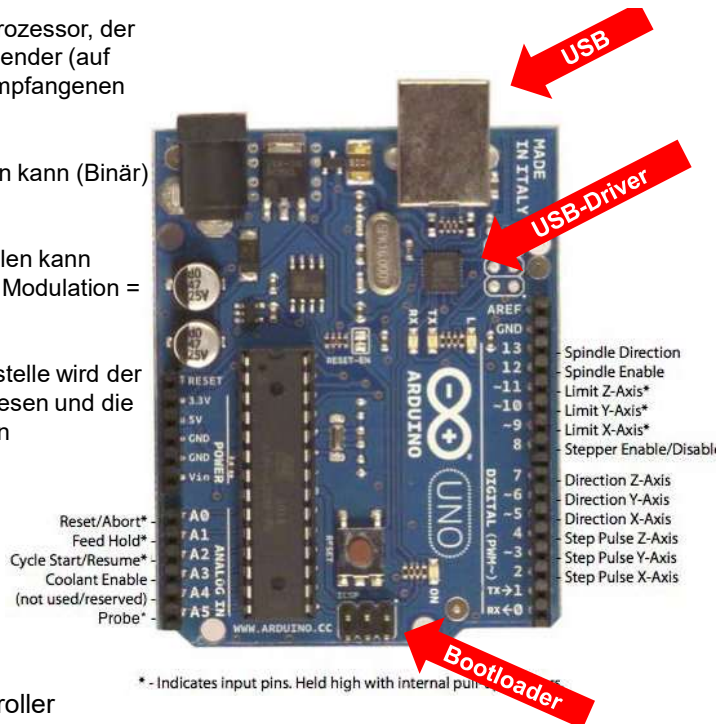
Arduino ist ein Mikroprozessor, der aus den vom Gcode-sender (auf dem PC) über USB empfangenen Daten ein

DIR – Signal herstellen kann (Binär) = Vorwärts-Rückwärts und ein
STEP – Signal herstellen kann (PWM) = Pulse Width Modulation = Schrittzahl

Über die USB-Schnittstelle wird der Prozessor auch gespiesen und die Firmware hochgeladen



Arduino - Microcontroller



11

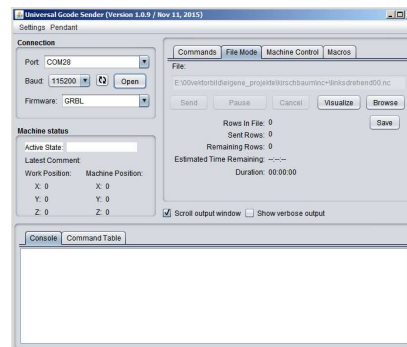
GRBL (Firmware = Betriebssystem, Programmbibliothek)

Wird mit Arduino IDE (Integrated Development Environment) auf den Arduino UNO oder das Mainboard hochgeladen. Programmiersprache ist C/C++.

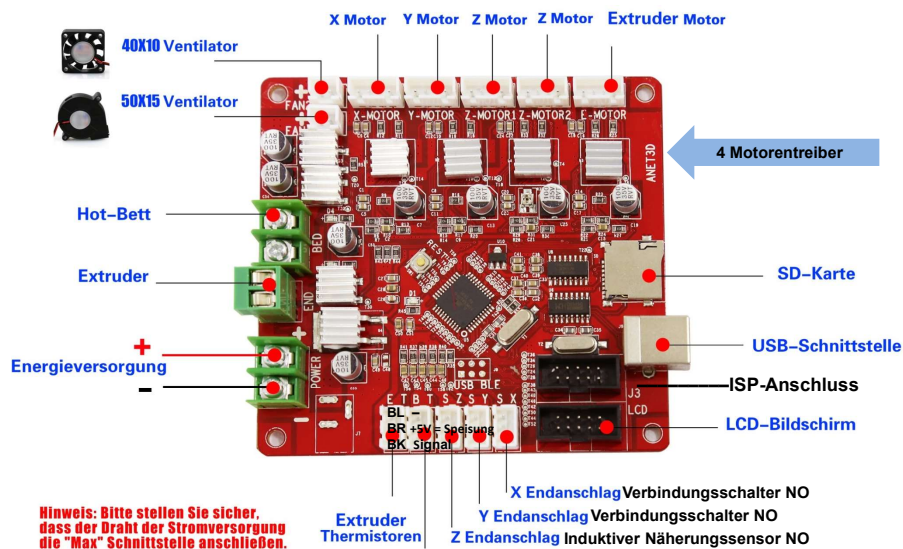


Gcode wird zB mit «Universal Gcode Sender» und der USB-Schnittstelle an den Arduino ausgegeben und steuert so direkt den Motor.

G-Code-Interpreter



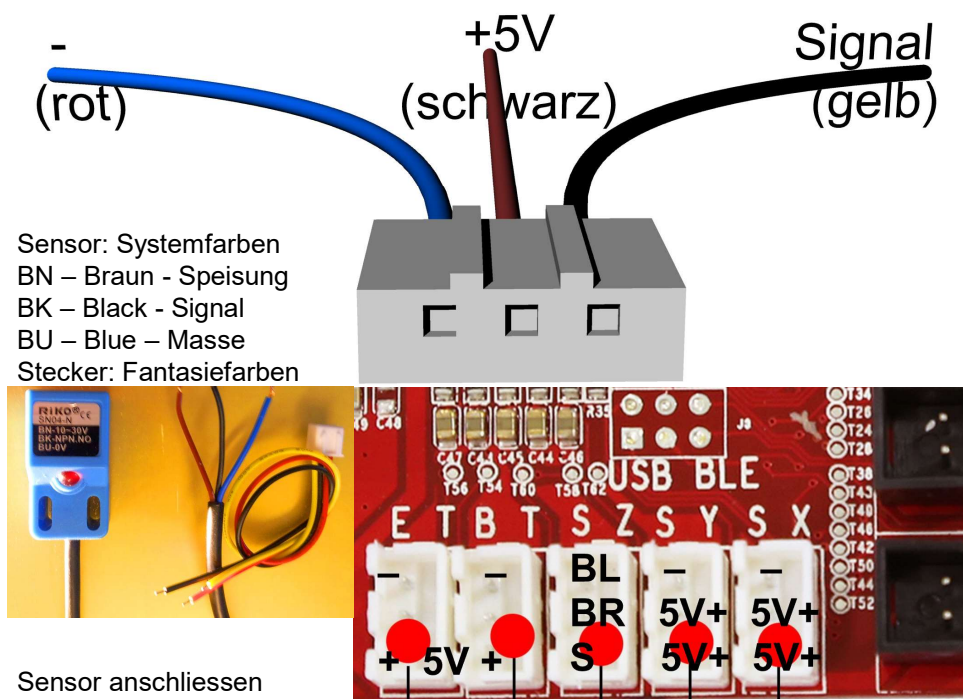
12



Zentrale Steuerungseinheit, beinhaltet Motortreiber, Arduino-Prozessor, G-Code-interpret, verbindet mit der SD-Speicherkarte, informiert mit dem Screen - braucht ein Betriebssystem, die Firmware, die als *.hex-File hochgeladen werden kann. Dafür kann auf den PC verzichtet werden.

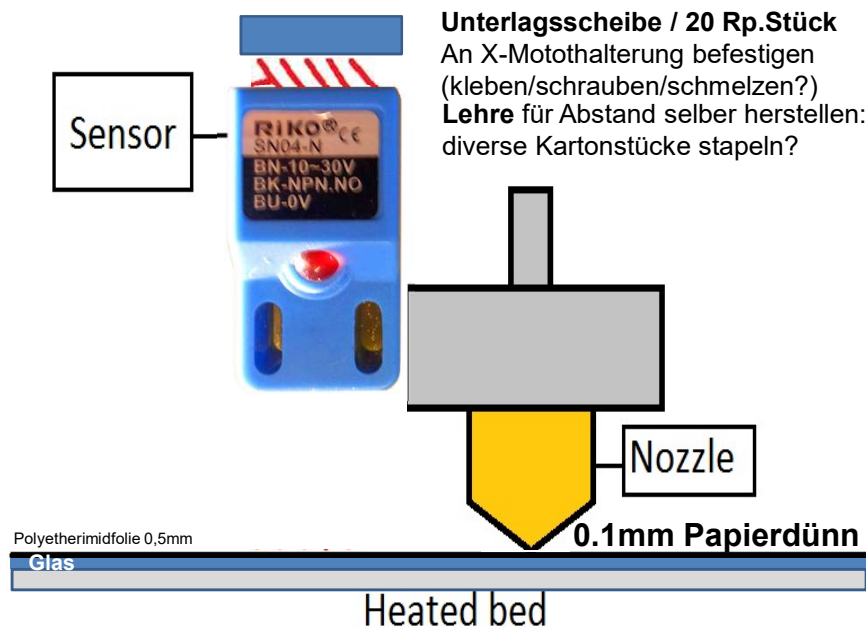
Mainboard

13



Sensor anschliessen

14



Autolevel einrichten

15

Gängigkeit, Rechtwinkligkeit, Parallelität aller Achsen kontrollieren
 Hotbed waagrecht stellen in Bezug auf Standfläche, X-Balken ausrichten
 Induktive Sonde am Rahmen befestigen, Kabel kürzen Stecker anlöten
 Unterlagsscheibe oder 20Rp.-Stück am X-Motorhalter befestigen
 Sonde mit Schrauben so hoch als möglich stellen, mit «Position – Home All»
 nullen, Abstand Sonde-Unterlagsscheibe messen: Lehre anfertigen
 Sonde mit Schrauben so tief als möglich stellen (zum Desaktivieren, Software
 akzeptiert keine negativen Z-Werte)
 Extruderdüse 0.1mm (papierdünn) manuell an Hotbed ausrichten
 «Quick Settings - Disable Steppers» erlaubt X und Y Achsen frei zu bewegen
 Mit Papier und Stellschrauben Hot Bed einstellen
 Sonde mit gemessenem Abstand (Lehre) mittels Schrauben höher stellen
 Z nullen mit «Position – Home Z»
 evtl. Option - custom leveling - adjust – +/- elektronisch nachkorrigieren
 (Fällt manchmal aus dem Speicher)
 Nullen wiederholen bis sich wiederholbare Resultate einstellen
 Jetzt kann gedruckt werden
 Immer erste Schicht beobachten wegen der Haftung.
 Glasscheibe (+ Klebestift?) – Polyetherimid-Folie?

Induktiv Autolevel einrichten

16