

## Hinweise zum Aufbau

# Schrittmotor-Karte >3D-Step<

Rev. 2.8 (Stand 15.09.2012)

### Funktionsbeschreibung

3D-Step ermöglicht die Ansteuerung von 3 (optional 4) Schrittmotoren über den PC-Parallelport. Der Motorstrom lässt sich, je nach Betriebszustand, per Softwaresignal anheben (Boost) oder auf ca. 25% absenken (Sleep). Zusätzlich sind 4 Endschalter und ein Freigabeschalter anschließbar, die direkt an den PC durchgereicht werden. Der Freigabeschalter deaktiviert zusätzlich die Endstufen. Die Anzeige des aktuellen Betriebsmodus und der Endschalter-Zustände erfolgt über LEDs.

### Haftung, EMV-Konformität

Alle Teile der Schaltung wurden sorgfältigst geprüft und getestet. Trotzdem kann mechapro keine Garantie dafür übernehmen, dass nach dem Aufbau der Schaltung durch den Benutzer alles einwandfrei funktioniert. Insbesondere übernimmt mechapro keine Haftung für Schäden, die durch Nachbau, Inbetriebnahme etc. der Schaltung entstehen.

Die Schrittmotorendstufe "3D-Step" ist ein OEM-Produkt und für die Weiterverarbeitung durch Handwerk, Industrie und andere EMV-fachkundige Betriebe bestimmt. Im Sinne des EMVG §5 Abs. 5 besteht daher für die Schrittmotorendstufe "3D-Step" keine CE-Kennzeichnungspflicht.

Verkabelung, Spannungsversorgung und die Einsatzumgebung sind Faktoren, die sich auf die EMV-Eigenschaften eines Gerätes auswirken können. Ein Gerät, in das eine oder mehrere Schrittmotorendstufen eingesetzt wurden, muss in seiner Gesamtheit entsprechend den dafür gültigen Richtlinien bewertet werden, wenn mit dem CE-Kennzeichen CE-Konformität dokumentiert werden muss. Selbstverständlich wurden bei der Schaltungsentwicklung alle möglichen Maßnahmen für einen EMV-gerechten Aufbau ergriffen.

### Bestücken der Platine

Es gelten die üblichen Anweisungen für das Bestücken von Platinen:

- Kleine Bauteile (Widerstände, Diolen, Kondensatoren,...) zuerst bestücken.
- Polarität der Bauteile (Diolen, Elkos, Widerstandnetzwerke) beachten.
- Für die Diolen D1..24 nur schnelle Schaltdiolen (Typen BYV27, BYV28, BYW98 oder vergleichbare) mit einer Spannungsfestigkeit von mind. 100 Volt einsetzen.
- Die ICs sollten außer dem LM2574N sicherheitshalber alle gesockelt werden. Für die L298 lassen sich einreihige Buchsenleisten verwenden (kürzen). Die beiden Hälften der Buchsenleiste in der gleichen Orientierung verlöten, damit die Abstände zueinander stimmen. Gedrehte Präzisionsfassungen sind wegen ihres zu geringen Innendurchmessers ungeeignet. Hinweis: Die einreihigen Buchsenleisten sollten eine Höhe von 8-8,5 mm aufweisen. Bei Verwendung kürzerer Buchsenleisten muß der Kühlkörper mit entsprechend kürzeren Abstandhaltern montiert werden.

- Der Kühlkörper Typ V6716Z (oder SK96/84 -> nur 84 mm breit) hat schon passende 'Gewinde-Rillen'.
- Vor der Montage des Kühlkörpers empfiehlt es sich, die Auflageflächen von den L298 dünn(!) mit Wärmeleitpaste zu bestreichen, um die Wärmeabfuhr zu verbessern.
- Im Betrieb zusätzlich einen oder mehrere Lüfter anbringen, z.B. einen 60 mm-Lüfter auf dem Kühlkörper, oder zwei 'CPU-Lüfter' in push-pull Anordnung seitlich am Kühlkörper befestigen. Falls das Gehäuse selbst ausreichend belüftet ist, kann ein zusätzlicher Lüfter ggf. entfallen, wenn die Karte im Luftstrom des Gehäuselüfters angeordnet wird.

## Inbetriebnahme

Vor der ersten Inbetriebnahme noch einmal die Bestückung und alle Lötstellen prüfen! Sind alle ICs richtig herum eingesetzt? Alle Leitungen am Parallelport-Stecker und die Lötstellen an den L298 auf Kurzschlüsse prüfen. Alle Potis und Jumper auf die im Bestückungsplan angegebenen Default-Werte einstellen. Zunächst keine weiteren Verbindungen (PC, Motoren) herstellen.

JP1 öffnen und die Karte einschalten. Am rechten Pin von JP1 (in Richtung der Schraubklemmen) sollten 5V gegen Masse zu messen sein. Wenn die Spannung in Ordnung ist, JP1 wieder schließen.

Beim folgenden Test müssen einige Jumper umgesetzt werden. Normalerweise darf dies nur bei abgeschalteter Spannungsversorgung erfolgen. Nur wenn keine Verbindung zum PC besteht und keine Motoren angeschlossen sind, können die Jumper auch bei eingeschalteter Karte umgesetzt werden.

Nach dem Einschalten sollten alle grünen LEDs und die rote DISABLE LED leuchten. Wenn die beiden Jumper JP4 (SLEEP) um 90° gedreht aufgesteckt werden, muß die grüne SLEEP LED erloschen, statt dessen leuchtet die gelbe NORMAL LED. Durch Umsetzen des BOOST-Jumpers JP3 erlischt nun die NORMAL LED, statt ihr leuchtet die rote BOOST LED. Durch Umsetzen des Jumpers JP2 erlischt die DISABLE LED. Setzen Sie nun die Jumper JP3 und JP2 wieder auf die Standard-Position zurück, die SLEEP-Jumper JP4 bleiben gedreht.

Jetzt können sie die Referenzspannungen für die einzelnen Achsen über die Potis (R28..R30) einstellen. Falls die NORMAL LED nicht leuchtet, die beiden SLEEP Jumper JP4 auf 'on low' umsetzen (siehe Jumperbeschreibung), JP3 (BOOST) auf 'disable', die Verbindung zum PC trennen. Die Spannungen werden an R3, R8 und R13 auf der den L297-ICs abgewandten Seite gemessen (bezogen auf Masse). Die eingestellte/gemessene Spannung V(ref) hängt folgendermaßen mit dem Motorstrom zusammen:

$$V(\text{ref}) = I(\text{Motor}) * R(\text{sense}) * \sqrt{2}$$

V(ref) legt somit den Sollwert für den Strangstrom fest. R(sense) ist der jeweilige Messwiderstand (0,47 Ohm bei der Standard-Bestückung). Für 1A sind z.B. 0,665 Volt einzustellen. Anschließend die Jumper wieder wie vorher einstellen.

An den Sync-Pins der L297 (Pin1) kann die Frequenz der Stromchopper gemessen werden. Vorsicht beim Messen, keinen Kurzschluss mit Pin2 erzeugen!

Nun kann die Karte mit Motoren getestet werden. Hierzu die Karte mit dem PC verbinden und die Spannungsversorgung wieder herstellen. Immer zuerst den PC booten und die Software starten, dann erst die Spannungsversorgung für die Karte einschalten! Beim Hochfahren des PC wechseln einige Signalpegel, was zu ungewünschten Reaktionen führen kann. Zum Testen empfiehlt sich eine kostenlose Demoversion (z.B. von WinPCNC) oder ein kleines selbstgeschriebenes Programm. Wenn möglich, zunächst eine geringe Motorspannung (12-15 Volt) anlegen (z.B. aus einem Labornetzteil mit Strombegrenzung wenn vorhanden).

## Bedeutung der Jumper-Einstellungen

- JP1: Verbindung vom Schaltregler (5V Ausgang) zur Logikversorgung der Karte. Nur für Tests während der Inbetriebnahme öffnen.
- JP2: Boost active/aktiv - Die Boost-Funktion ermöglicht die Stromanhebung auf 120% des Nennstroms beim Bremsen und Beschleunigen. Erfordert Unterstützung durch die PC-Software (z.B. PC-NC).  
disable/deaktiviert (default) - Boost-Funktion wird nicht verwendet.  
WICHTIG: Die Boost-Funktion nur verwenden, wenn *alle* Achsen auf Ströme von max. 1,5A eingestellt sind, da sonst die Endstufen überlastet werden können.
- JP3: Enable used (default) - Ein Schalter für die Hardware-Freigabe ist angeschlossen  
not used - Überwachung des Freigabeschalters ist deaktiviert (nur zum Testen empfohlen).
- JP4: Stromabsenkung bei high (default) oder bei low. Legt fest, ob die Stromabsenkung (ca. 25% des Nennstroms) bei HIGH- oder LOW-Pegel aktiviert wird. Die Einstellung wird in der Regel über die PC-Software vorgenommen (WinPCNC, Mach3,...).
- MODE: Oberer Jumper: Phase-Chopping (=slow decay, default) oder Enable-Chopping (=fast decay). Beeinflusst die Art der Stromregelung. Die Default-Einstellung führt in den meisten Fällen zum besseren Ergebnis. Näheres in den Application Notes zum L297 auf [www.st.com](http://www.st.com) oder im Blog auf [www.schrittmotor-blog.de](http://www.schrittmotor-blog.de)  
Unterer Jumper: Halbschritt (default) oder Vollschritt Betrieb. Im Vollschritt-Betrieb neigen Schrittmotoren stärker zu Resonanzschwingungen, daher ist in den meisten Fällen der Halbschritt-Betrieb zu bevorzugen.

Niemals einen Jumper komplett weglassen! Jumper nur ändern, wenn die Spannungsversorgung abgeschaltet ist!

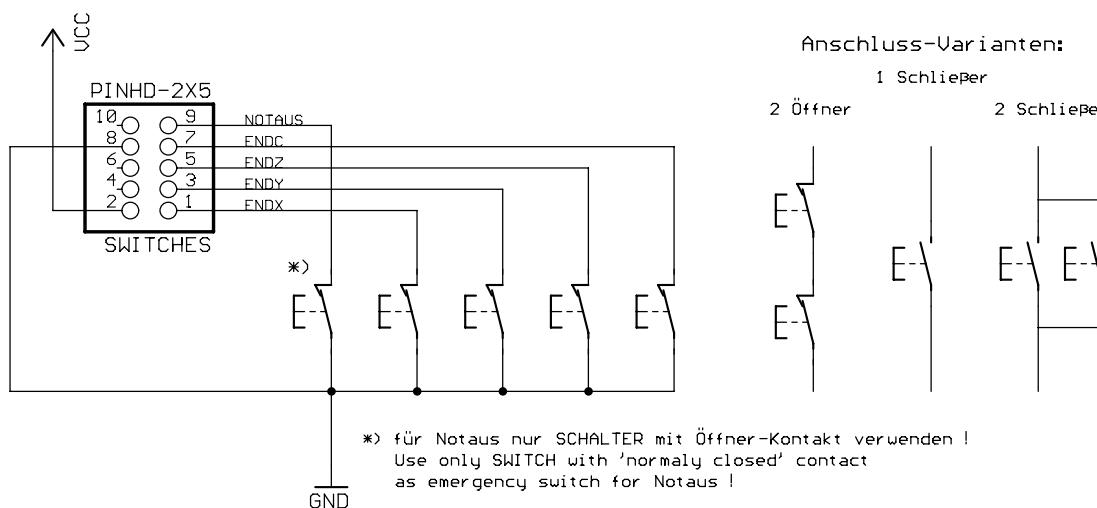
## Bedeutung des LEDs

- ENDX: Signalisiert, dass der End- bzw. Referenzschalter der X-Achse betätigt wurde.  
Wenn statt Öffner-Kontakten Schließer verwendet werden, ist die LED immer an, wenn der Schalter nicht betätigt ist.
- ENDY, ENDZ, ENDC: Funktion analog zur X-Achse
- SLEEP: Zeigt an, dass die Stromabsenkung aktiv ist. Die Stromabsenkung wird vom PC über Pin17 aktiviert
- NORMAL: Die Motoren werden mit dem eingestellten Nennstrom bestromt.
- BOOST: Die Stromanhebung ist aktiv. Die Stromanhebung wird vom PC über Pin16 kurzzeitig beim Beschleunigen und Bremsen aktiviert. Falls die verwendete Software diese Funktion nicht unterstützt, muß sie über den BOOST Jumper deaktiviert werden (Standardeinstellung). Die Stromanhebung darf nicht dauerhaft aktiviert sein. Dies kann zur Zerstörung der Endstufen führen!
- DISABLE: Die DISABLE-LED zeigt an, dass der Schalter für die Hardwarefreigabe nicht betätigt ist. Dies führt auch zum Abschalten der Endstufen.

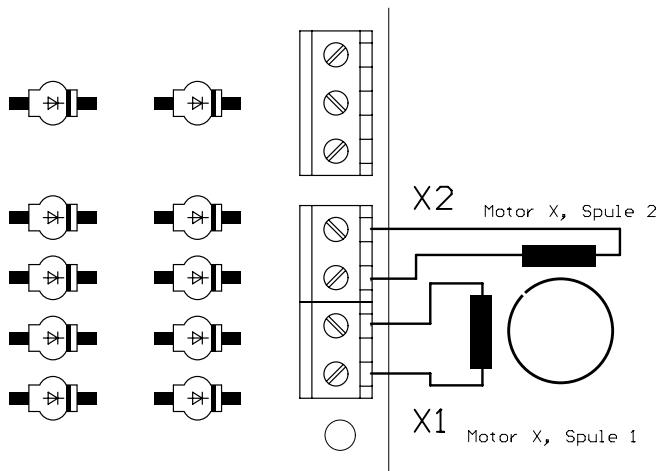
## Externe Anschlüsse

- Zur Verbindung mit dem PC ein Flachbandkabel 26pol. Pfosten auf 25pol. D-SUB Stecker quetschen. Die letzte Ader (Nr. 26) ist hierbei nicht erforderlich. Sie muß entsprechend gekürzt werden und sollte aber vor Kontakt mit anderen Bauteilen gesichert sein, weil sie 5 Volt für die Optokoppler Platine (oder andere Schaltungen) führt. Für die Verbindung außerhalb des Gehäuses ein 1:1 verbundenes, abgeschirmtes Kabel verwenden.
- Bei der Verwendung der Karte mit älteren DOS-Programmen sind u.U. einige Adern zu kreuzen. Bitte bei Bedarf im Forum oder per Mail anfragen. Für (Win)PCNC, Mach3 und pcdreh f. Windows sind keine Änderungen erforderlich.
- Die Endschalter und der Freigabeschalter werden als Öffner nach Masse am SWITCHES Steckverbinder angeschlossen. Am einfachsten ist es, ein Flachbandkabel auf einen 9-poligen D-SUB Stecker (weiblich) zu quetschen und ein abgeschirmtes 9-pol D-SUB Standardkabel für die Verbindung zur Maschine zu verwenden. Da die Karte ohne Freigabeschalter nicht funktionieren würde, kann zum Testen per JP2 die Überwachung des Schalters deaktiviert werden.

Anschluß der End- bzw. Referenzschalter



- Am Anschluß „C-Achse“ kann eine Zusatzendstufe für eine 4. Achse angeschlossen werden. Statt einer 4. Achse kann man natürlich auch eine 2. Endstufe für eine der drei vorhandenen Achsen anschließen, wenn 2 Motoren synchron betrieben werden sollen. In diesem Fall sind die Signale der C-Achse von einer der anderen Achsen am Eingangsstecker „LPT“ abzugreifen.
- Die Motoren werden an den Schraubklemmen angeschlossen. Für jede Wicklung ist ein Klemmenpaar (X1, X2 für Motor X, Y1, Y2 für Motor Y usw.) vorgesehen. Um die Drehrichtung des Motors zu ändern, kann ein Wicklungspaar umgepolt werden. Bei unipolaren Motoren (mit 5 oder 6 Anschlüssen) werden die Mittelabgriffe nicht angeschlossen. Sie müssen isoliert werden, auf keinen Fall an Plus oder Masse anschließen!



Bipolare Motoren mit 8 Anschlüssen bieten die Möglichkeit, jeweils 2 Spulenpaare in Reihe oder parallel zu betreiben. Ersteres funktioniert immer, letzteres erlaubt u.U. höhere Maximaldrehzahlen. Allerdings ist der erforderliche Strom auch höher (gegenüber Reihenschaltung), was mit der 3D-Step zu Leistungseinbußen führt, wenn der nötige Strom größer als 2 Ampere ist. Der Wicklungswiderstand halbiert sich in diesem Fall. Im Allgemeinen ist der Parallelbetrieb vorteilhafter.

### Sonstige Hinweise

- Wenn der Motorstrom einer Achse deutlich kleiner als 1 Ampere ist, empfiehlt es sich, die Messwiderstände ( $R1/2$ ,  $R6/7$  bzw.  $R11/12$ ) anzupassen (1 Ohm empfohlen). Der verwendete Wert muss natürlich auch bei der Berechnung der Referenzspannung in die Formel eingesetzt werden.
- Wenn nicht alle drei Achsen benötigt werden, können die jeweiligen Endstufen-ICs (L297/L298) unbestückt bleiben. Der L297 der X-Achse muss aber immer vorhanden sein, weil er den Stromregler-Takt für alle Achsen erzeugt!

### Probleme & Lösungen

Die Motoren machen Geräusche:

- Statt Phase-Chopping Inhibit-Chopping probieren
- Die Chopperfrequenz mit über Austausch von  $R16$  (gegen 10K oder 22K) variieren.

Das Drehmoment der Motoren ist deutlich zu niedrig:

- Die Referenzspannungen kontrollieren
- Die Einstellung der SLEEP-Jumper ändern, dafür beide Jumper um 90° gedreht aufstecken  
Hinweis: Bei der Stromregelung handelt es sich um eine Maximalwertregelung. Der resultierende Mittelwert wird daher immer etwas unter dem eingestellten Referenzwert liegen.

Die Motoren haben gar kein Haltemoment:

- Freigabe-Schalter prüfen bzw. zum Testen JP2 umsetzen
- Spannungsversorgung prüfen

Der Motor der Z-Achse dreht sich nicht richtig oder nur in eine Richtung:

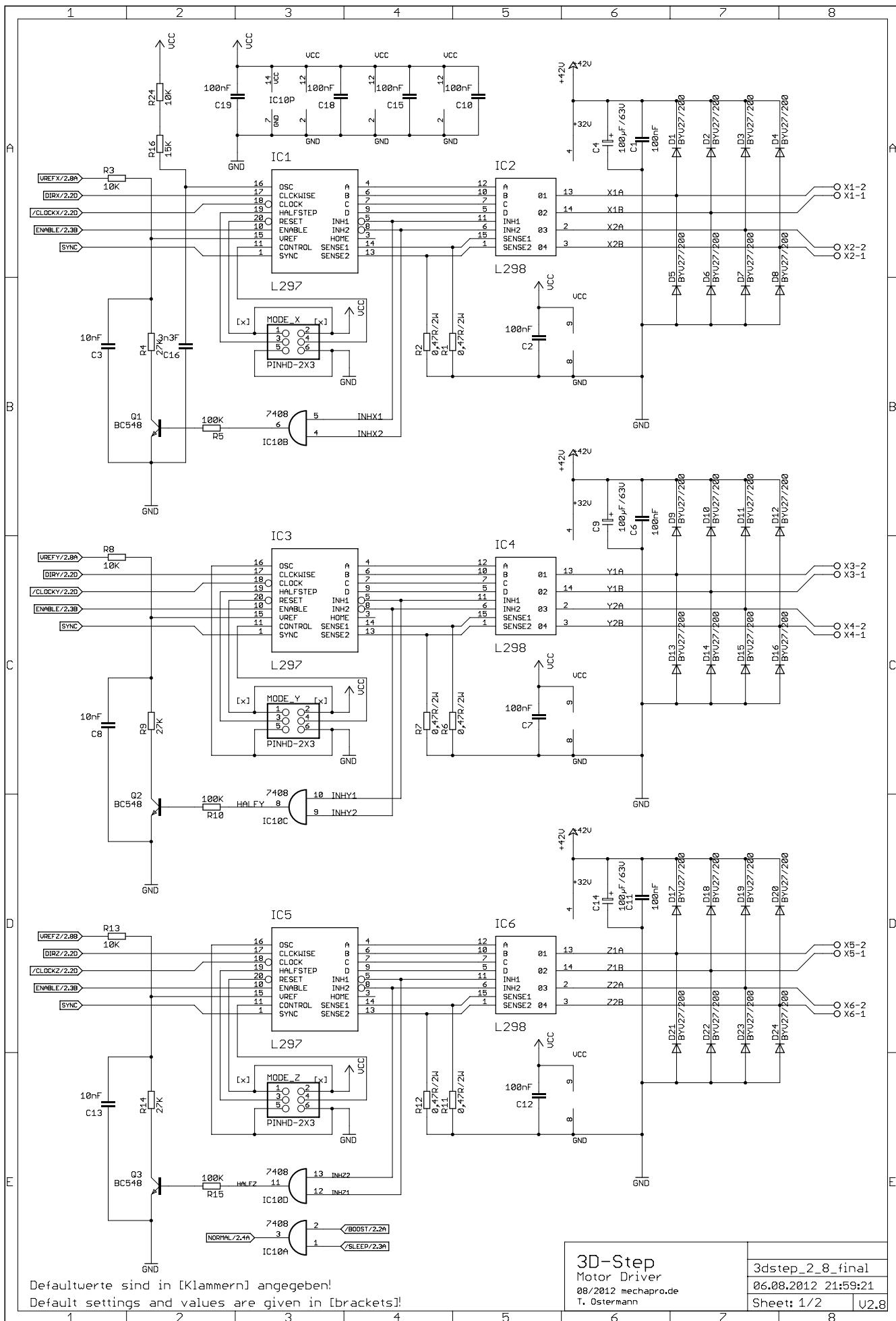
- Das Widerstands-Array  $RN2$  ist verkehrt herum eingelötet

### Hinweise zur Fehlersuche

Sollte die Schaltung nicht auf Anhieb funktionieren oder wenn ein Defekt aufgetreten ist, immer zuerst den Fehler suchen, beheben und vor Anschluss eines Motors den Inbetriebnahmevergang erneut durchführen! Die weiteren Tipps könnten bei der Fehlersuche nützlich sein:

- Liegen an den Messpunkten für  $Vref$  korrekte Spannungen (zwischen Null und ca. 1 Volt) an? Auch bei Betätigen des Sleep- und ggf. Boostsignals?
- Ist der Enable-Pin (10) an den L297 auf HIGH-Pegel (5V)?
- Gelegentlich wird der jeweilige L297 ebenfalls zerstört, wenn eine Endstufe kaputt geht. Im Zweifelsfall daher beide ICs austauschen.

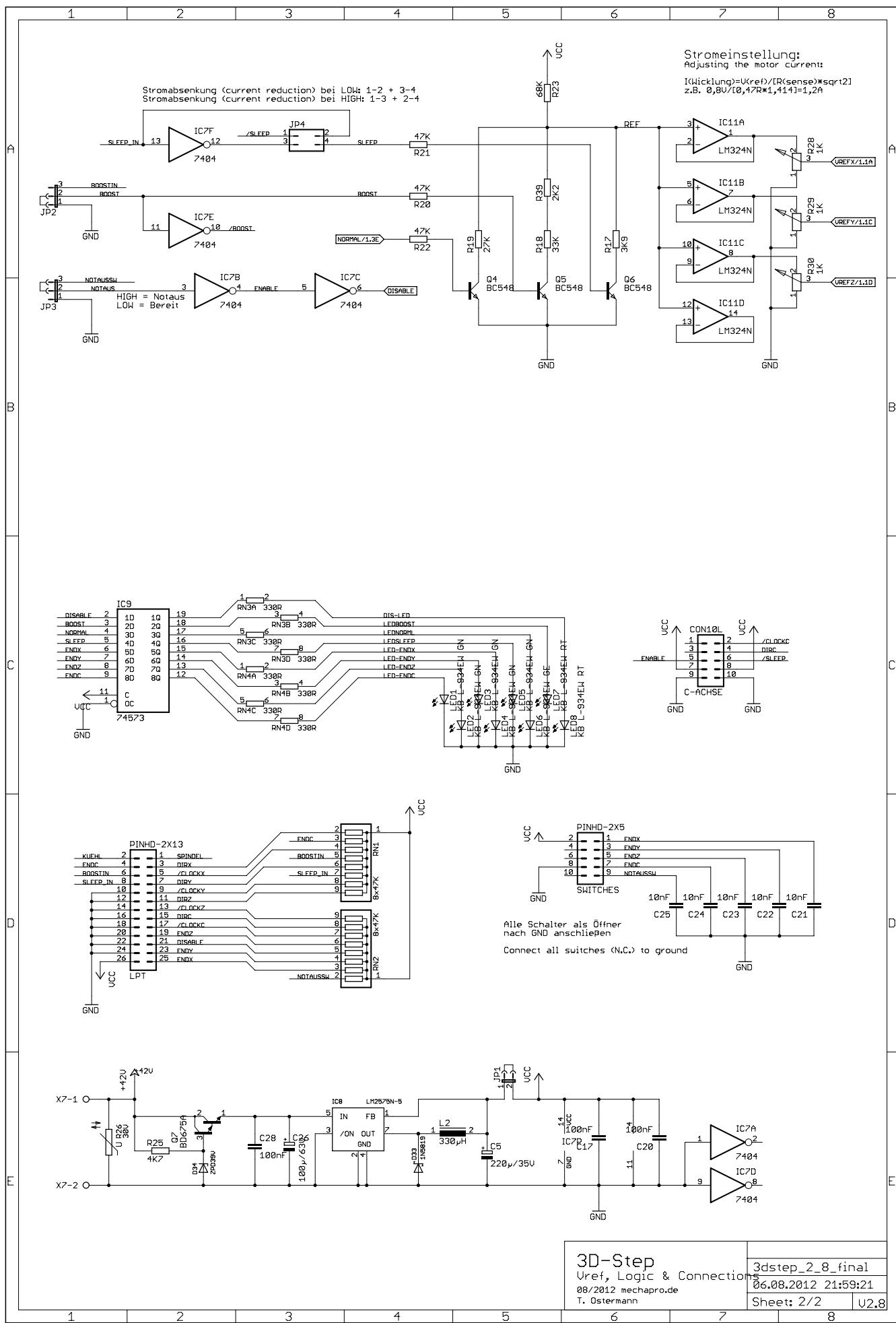
Zur Erläuterung der einzelnen Schaltungsteile steht eine separate Funktionsbeschreibung im Download unserer Webseite zur Verfügung. Bitte erst die Doku gründlich lesen, die Schaltung prüfen und im mechapro User-Forum nach Tipps und Bugfixes suchen. Sollte sich die Frage dann immer noch nicht klären lassen, geben wir weiteren Support per E-Mail. Bitte möglichst genaue Fehlerbeschreibung und Konfiguration (Netzteil, verwendete Software etc.) angeben! E-Mail: [info@mechapro.de](mailto:info@mechapro.de)



Defaultwerte sind in [Klammer] angegeben!  
Default settings and values are given in [brackets]!

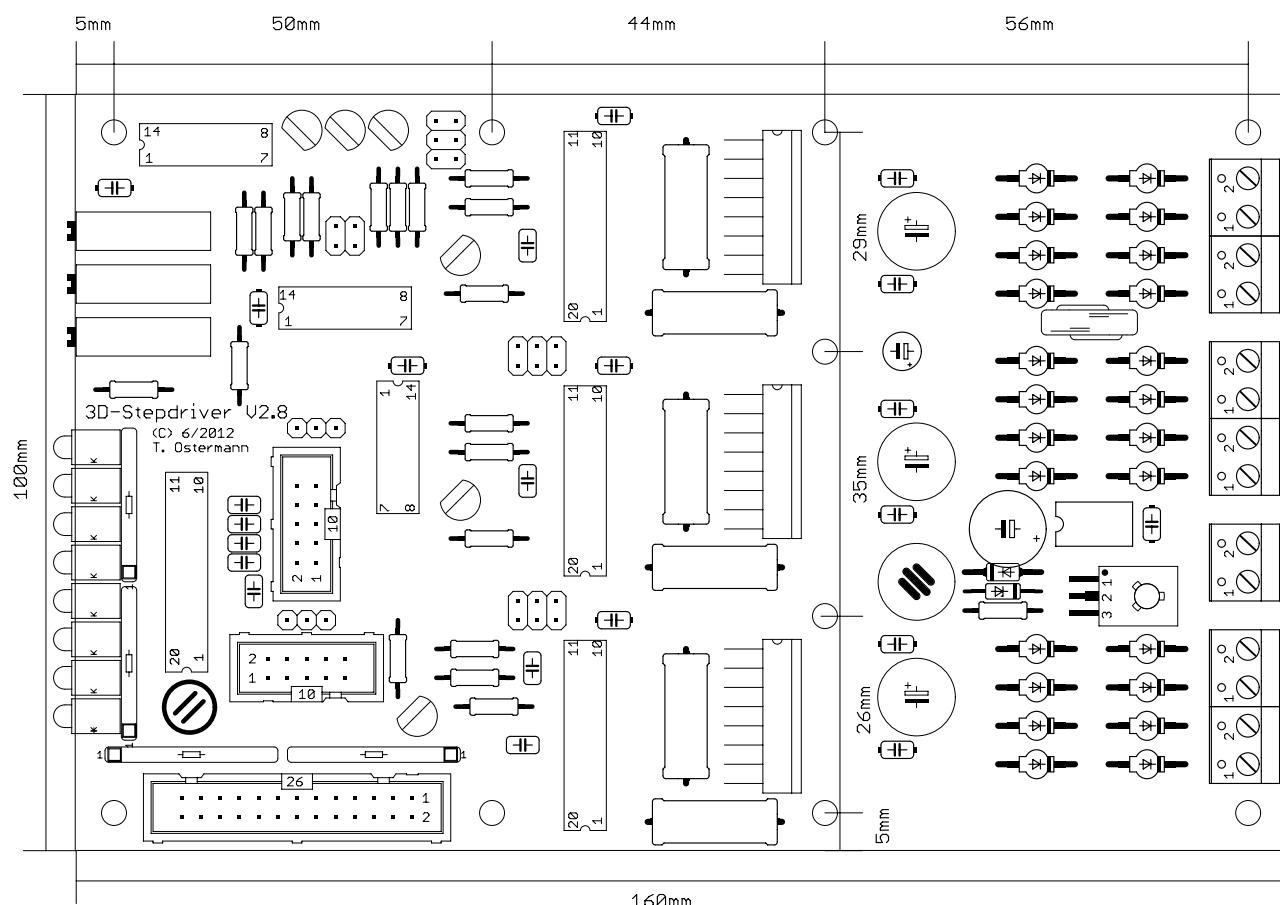
3D-Step  
Motor Driver  
08/2012 mechapro.de  
T. Ostermann

3dstep\_2\_8\_final  
06.08.2012 21:59:21  
Sheet: 1/2 U2.8



## Technische Daten

Spannungsversorgung (Logik):	intern
Stromaufnahme (Logik, ohne LEDs):	typisch 200mA, maximal 300mA
Spannungsversorgung (Leistungsteil):	10-45 Volt, 24-42 Volt empfohlen
Stromaufnahme (Leistungsteil):	abhängig von Versorgungsspannung, Motorstrom und verwendetem Motor.
	Maximaler Dauerstrom 5 Ampere.
Ansteuerung:	Takt- und Richtungssignale, CMOS-kompatibel.
Schrittauflösung:	Voll- und Halbschritt
Ausgänge:	3 Schrittmotor-Kanäle bis 2A pro Wicklung, nicht kurzschlussfest



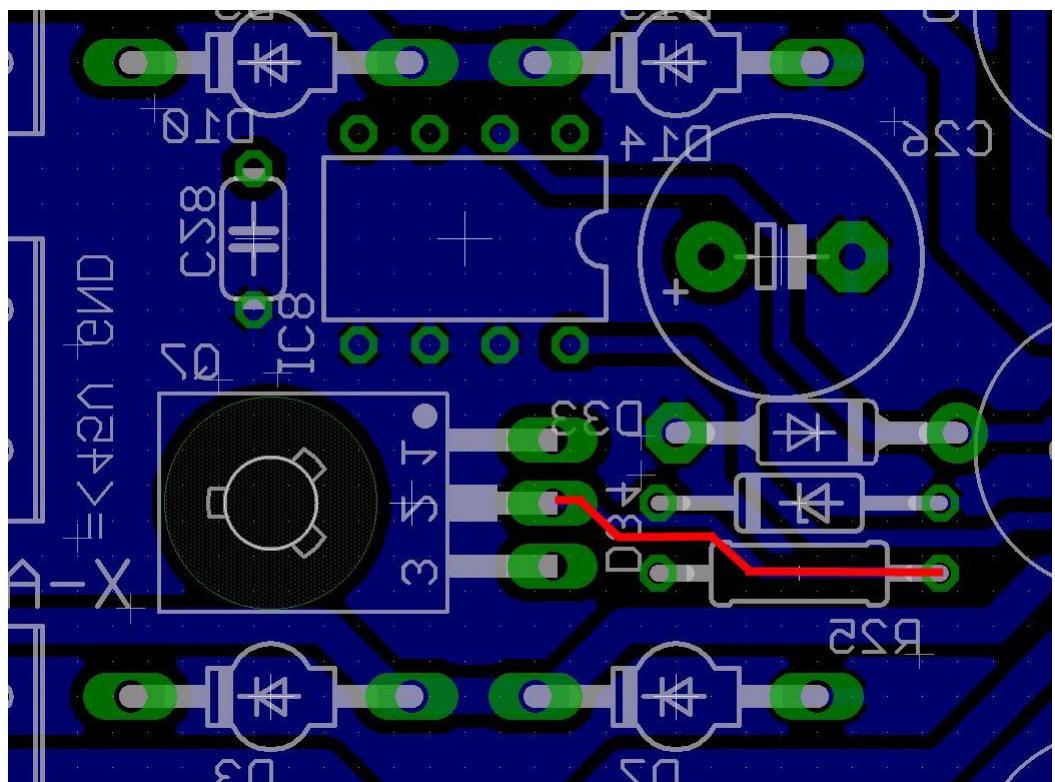
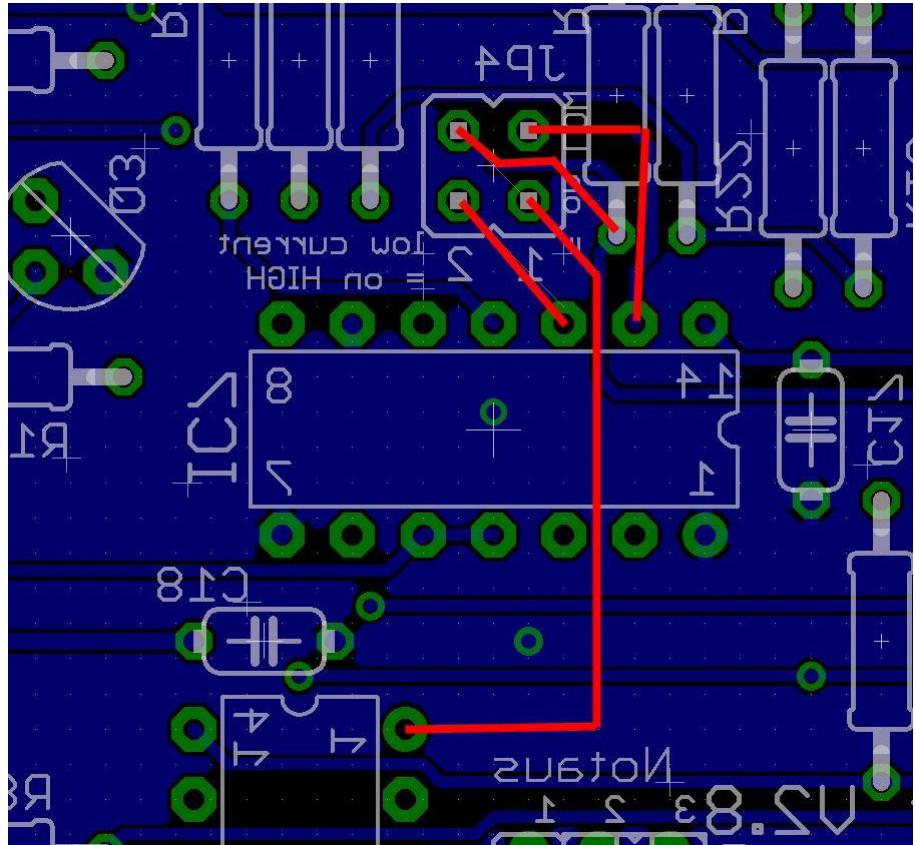
## Schnittstellenbelegung (gültig für D-Sub 25 Stecker)

Pin	Norm-Bezeichnung	Software Signal
1	Strobe	Spindel
2	Data Bit 0	Richtung X
3	Data Bit 1	Takt X
4	Data Bit 2	Richtung Y
5	Data Bit 3	Takt Y
6	Data Bit 4	Richtung Z
7	Data Bit 5	Takt Z
8	Data Bit 6	frei (optional Richtung C)
9	Data Bit 7	frei (optional Takt C)
10	Acknowledge	End/Referenz Z
11	Busy	Enable
12	Paper Out	End/Referenz Y
13	Select	End/Referenz X
14	Autofeed	Kühlmittel
15	Error	frei (opt. End/Referenz C)
16	Reset	Boost
17	Select	Sleep (low aktiv)
18-25	GND	GND

## Notizen

## Patch für die Platinen der ersten Fertigungsserie

Aufgrund eines Layoutfehlers müssen auf den Platinen die im folgenden gezeigten Verbindungen nach dem Bestücken z.B. durch Anlöten von isolierten Drähten hergestellt werden. Die Bilder zeigen jeweils die Unterseite der Platine, einmal am JP4 berhahlb von IC7, ausserdem zwischen Q7 und R25 (unterhalb des Kühlkörpers).



## Teileliste

Menge	Wert	Bauform	Art	Bauteile
<u>Beutel 1:</u>				
1	2K2	R-EU_0207/10	Widerstand	R39
1	3K9	R-EU_0207/10	Widerstand	R17
1	4K7	R-EU_0207/10	Widerstand	R25
4	10K	R-EU_0207/10	Widerstand	R3, R8, R13, R24
1	15K	R-EU_0207/10	Widerstand	R16
4	27K	R-EU_0207/10	Widerstand	R4, R9, R14, R19
1	33K	R-EU_0207/10	Widerstand	R18
3	47K	R-EU_0207/10	Widerstand	R20, R21, R22
1	68K	R-EU_0207/10	Widerstand	R23
3	100K	R-EU_0207/10	Widerstand	R5, R10, R15
1	ZPD39V	DO35	Z-Diode	D34
1	1N5819	SOD81	Shottky-Diode	D33
2	4x330R	SIL8-4	R-SIL	RN3, RN4
2	8x47K	SIL9-8	R-SIL	RN1, RN2
3	1K	POT-TRIM	Spindeltrimmer	R28, R29, R30
1	30V	S10K40	Varistor RM7,5	R26
1	3n3F	C-EU025-024X044	Kerko RM 2,54	C16
8	10nF	C-EU025-024X044	Kerko RM 2,54	C3, C8, C13, C21..C25
13	100nF	C-EU050-024X044	Kerko RM5,08	C1&2, C6&7, C10..C12, C15, C17..C20, C28
4	100µ/63V	CPOL-EUE5-10.5	Elko stehend	C4, C9, C14, C26
1	220/25V	CPOL-EUE2-5	Elko stehend	C5
1	330µH/500mA	09P	Drossel RM 5,08L2	
1	KB L-934EW GE	LEDBLOCK gelb	LED block	LED6
5	KB L-934EW GN	LEDBLOCK grün	LED block	LED1, LED2, LED3, LED4, LED5
2	KB L-934EW RT	LEDBLOCK rot	LED block	LED7, LED8
6	BC547B	TO92	Transistor	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6
1	BD675A	BD677	Transistor	Q7
<u>Beutel 2:</u>				
6	0,47R/2W	R-EU_0617/17	Widerstand	R1, R2, R6, R7, R11, R12
24	BYV27/200	SOD57-10	Diode	D1.. D24
2	Distanzrollen 8mm für M3			
4	M3*6	Schrauben		
2	M3*16	Schrauben		
7	Klemme2	Anreihklemme Raster 5,08mm		X1..X7
3	L298	Multiwatt 15	Stepper-IC	IC2, IC4, IC6
3	L297	DIL20	Stepper-IC	IC1, IC3, IC5
1	LM2574N-5	DIL8	Schaltregler	IC8
1	LM324N	DIL14	Op-Amp	IC11
1	74HC04	DIL14	Logik-IC	IC7
1	74HC08	DIL14	Logik-IC	IC10
1	74HC573	DIL20	Logik-IC	IC9
<u>Beutel 3:</u>				
3	DIL14	IC-Sockel 14pol		
4	DIL20P	IC-Sockel 20pol präz		
2	PINHD-1X3	1x03	Stiftleiste	BOOST, NOTAUS
1	PINHD-2X2	2x02	Stiftleiste	SLEEP
3	PINHD-2X3	2x03	Stiftleiste	MODE_X, MODE_Y, MODE_Z
11	Jumper blau			
2	PINHD-2X5	Wanne 10	WSL 10G	C-ACHSE, SWITCHES
1	PINHD-2X13	Wanne 26	WSL 26G	LPT
3	BSL20	Buchsenleiste 20-polig		Höhe 8-8,5mm (als Sockel f. L298)
1	D-Sub ST 25 FB	D-Sub Stecker 25-pol. quetsch		
2	PFL 26	Pfostenstecker 26-pol.		
<u>ohne Beutel:</u>				
1	V6716Z	Kühlkörper gewinkelt		Fischer SK96
0,5	26-pol.	Kabel AWG28 26-polig		

