

Dipl.-Ing. Michael Zimmermann

Buchenstr. 15

42699 Solingen

☎ 0212 46267

🌐 <http://www.kruemelsoft.privat.t-online.de>

✉ [BwMichelstadt@t-online.de](mailto:BwMichelstadt@t-online.de)

**Michelstadt (Bw)**

## Spaxbooster V3 Rev.5

Software Version 4

### - Anleitung zum Aufbau / Montage -

Nachbau des Fremo-Spaxbooster

[http://fremodcc.sourceforge.net/booster/spaxbooster/spax3\\_d.html](http://fremodcc.sourceforge.net/booster/spaxbooster/spax3_d.html)

Redesign = neue Version – wozu?.....	2
Stückliste.....	2
Hinweise zu einigen Bauteilen .....	4
Wichtig für den Betrieb.....	4
Vorbereitende Schritte.....	5
Gesamtbestückung .....	5
Schritt 1 .....	6
Schritt 2 .....	6
Schritt 3 .....	6
Schritt 4 .....	6
Schritt 5 .....	7
Schritt 6 .....	8
Inbetriebnahme und Kurztest.....	9
Kurzschlussanzeige .....	9
Betrieb .....	10
Montage in der Anlage / dem Modul .....	10
Anschluss in der Anlage / dem Modul .....	10
Anzeigen im Betrieb .....	11
Software für den PIC-Prozessor .....	12
Intel-Hex-Datei und Quellcode.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Einsatz in anderen Systemen .....	12
Schaltbild .....	13
Versionsgeschichte.....	14

The Schematic and Board is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License, see <<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/legalcode>>.

This program is free software: you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or (at your option) any later version.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program. If not, see <<http://www.gnu.org/licenses/>>.

## Redesign = neue Version – wozu?

Es passiert immer wieder mal: der Booster meldet über die LED einen Kurzschluss, nichts fährt mehr, man denkt an schlechten Gleiskontakt und nicht an einen Kurzschluss. Unterstützung kann hier ein eingebauter Signalgeber geben: bei einem Kurzschluss ertönt ein akustisches Signal, dieses kann bei Bedarf abgeschaltet werden. Leider bietet der originale Spaxbooster diese Möglichkeit nicht: Nachrüsten ist also angesagt.

Herausgekommen ist dabei ein Redesign des bewährten Spaxbooster mit Signalgeber und Quittierungstaster – siehe auch das Schaltbild am Ende dieses Dokumentes.

## Stückliste

Bevor es an die Bestückung geht:

- alle Bauteile gemäß Stückliste vorhanden?
- ist der PIC programmiert?

Anzahl	REF	Beschreibung	Reichelt <sup>1</sup>
1		Platine V3.0 Rev.5 (80*100mm)	
1	C1	Tantal 0,22µF/35V	Tantal 0,22/35
1	C10	Elko 10µ/35V radial RM2,5	Rad 10/35
2	C2, C3	10nF keramisch RM5	Z5U-5 10N
6	C4...C7, C12, C14	100nF keramisch RM2,5	Z5U-2,5 100N
2	C8, C11	Elko 100µF/63V radial RM5	RAD 100/63
1	C9	Elko 2200µF/35V radial RM7,62 (max. Ø20mm)	RAD 2.200/35
1	D1	B40C5000	B40C5000-WW+ <sup>2</sup>
1	D2	DUOLED rot/grün, 3-Pin, Ø5mm	LED 5RG-3
1	D3	1N4148	1N4148
1	F1	Sicherung 4A träge 5*20mm	ESKA 522.023
2	F1	Sicherungshalter	PL 120000
1	IC1	PIC16F628-04P	PIC 16F628-04P
1	IC1	DIL-18	GS 18P
2	K1, K2	Stiftklemme RM3,81 (Buchse)	AKL 369-02
2	K1, K2	Stiftklemme RM3,81 (Wannenstecker)	AKL 383-02
1	K3	Printstecker	PSS 254/6G
1	K3	Kupplungsleergehäuse	PSK 254/6W
6	K3	Krimpkontakte	PSK-KONTAKTE

<sup>1</sup> Die in den Stücklisten genannten Bestellnummern können aktuell geändert worden bzw. der Artikel nicht mehr lieferbar sein.

<sup>2</sup> Siehe Abschnitt „Direkte 15V=-Einspeisung“

1	Kühlkörper	Kühlkörper 2,9 K/W	V PR127/94-M3 <sup>3</sup> aktuell: SK 481 94 SA
1	Kühlkörper-Clip	Kühlkörper-Clip, Breite 14,5mm	MC 797 <sup>3</sup> aktuell: THFU 1
1	Kühlkörper-Clip	Kühlkörper-Clip, Breite 9mm	MC 725 <sup>2 3</sup> aktuell: THFU 1
1	Q1	Murata Resonator 4MHz	CST 4,00 <sup>3</sup>
		Resonator 4MHz in SMD	aktuell: CSTCR 4,00 <sup>3</sup>
		Mögliche Alternative zusammen mit C20, C21	IQD LFX TAL003074 <sup>3</sup>
2	C20, C21	Keramikkondensator 15pF (...22pF), SMD 1206	KEM C0G1206 15P <sup>3</sup>
1	R1	Widerstand 2,2kOhm	METALL 2,20K
1	R10	Widerstand 4,7kOhm	METALL 4,70K
2	R2, R3	Widerstand 1,8kOhm	METALL 1,80K
1	R4	Widerstand 330kOhm	METALL 330K
1	R5	Drahtwiderstand 0,27Ohm 5W	5W AXIAL 0,27
2	R6, R7	Widerstand 1kOhm	METALL 1,00k
2	R8, R9	Widerstand 330Ohm	METALL 330
2	ST1, ST2	RJ12 (6/6)	MEPB 6-6S
1	T1	BC337-40	BC 337-40
1	T2	BC547B	BC 547B
1	U1	Vollbrückentreiber Driver L6203	L 6203
1	U2	Spannungsregler µA78L05 (TO92)	µA 78L05
2	U3, U4	DIL-8	GS 8P
2	U3, U4	Optokoppler 6N137	6N 137
1	U5	Spannungsregler 78S15 (TO220)	µA 78S15 <sup>2</sup>
1	S1	Printtaster	TASTER 3301
1	AL1	Alarmgeber, max. Ø12mm	AL-60SP05HT
8	TP1...TP6, X1, X2	Lötnägel	RTM 1,3-100
2		Schrauben M3*8	SZK M3x8MM <sup>3</sup>
		Wärmeleitpaste	LEITPASTE 4GR

SMD-Bauteile sind in der Stückliste farbig unterlegt.

Der Reichelt-Warenkorb mit den aktuell verwendeten Bauteilen steht unter diesem [Link](#) zur Verfügung.

<sup>3</sup> 2022-12-17: Bei Reichelt nicht mehr lieferbar, Hinweise hierzu auch im Abschnitt „Hinweise zu einigen Bauteilen“  
Stand: 09.12.2023

## Hinweise zu einigen Bauteilen

R5	Wird ein Transformator kleiner als 40VA (Gleichspannungsnetzteil kleiner 50W) eingesetzt, ist R5 dem maximal verfügbaren Strom anzupassen: mit dem Wert vom 0,270Ohm löst die Kurzschlussstromüberwachung bei ca. 2,6A aus. <i>Faustregel: je größer der Widerstand, desto früher löst die Kurzschlussstromüberwachung aus. Es gilt: <math>I_{max} = 0,7 / R5</math></i>
C15	Hier kann ein zusätzlicher Glättungskondensator (100...220nF) eingelötet werden, wenn die Kurzschlussabschaltung nicht zuverlässig funktioniert.
K3	Hier können - ein zusätzlicher / alternativer Signalgeber angeschlossen werden - und / oder ein (zusätzlicher) Taster für die Alarmquittierung angeschlossen werden.
Q1, C20, C21	Der Original <a href="#">CST 4,00</a> ist bei Reichelt nicht mehr erhältlich. Als Alternative wird verwendet: - SMD-Quarzresonator <a href="#">CSTCR 4,00</a>  Weitere Alternative: - Quarz <a href="#">IQD LFX TAL003074</a> zusammen mit C20 und C21 (15...22pF) direkt neben Q1  Der Quarz bzw. der Quarzresonator werden an der Position von Q1 eingelötet, beim Quarz wird der mittlere Löt pad nicht verwendet.
Kühlkörper	Der angegebene Kühlkörper ist bei Reichelt nicht mehr erhältlich. Als Alternative wird verwendet: <a href="#">SK 481 94 SA</a> zusammen mit zwei Montageclips <a href="#">THFU 1</a>

## Wichtig für den Betrieb

Für die Einspeisung an K1 mit einer

- Wechselspannung (15V~) ist ein Transformator zu verwenden, der eine Leistungsabgabe von **MINDESTENS 40VA** hat.
- Gleichspannung (19V=) ist ein (Schalt-)Netzteil zu verwenden, das eine Leistungsabgabe von **MINDESTENS 50W** hat.

Ist die Leistungsabgabe geringer, so ist auch der mögliche Laststrom geringer und ein Abschalten im Falle eines Kurzschlusses erfolgt NICHT, da die Schwelle zur Kurzschlusserkennung nicht erreicht werden kann!

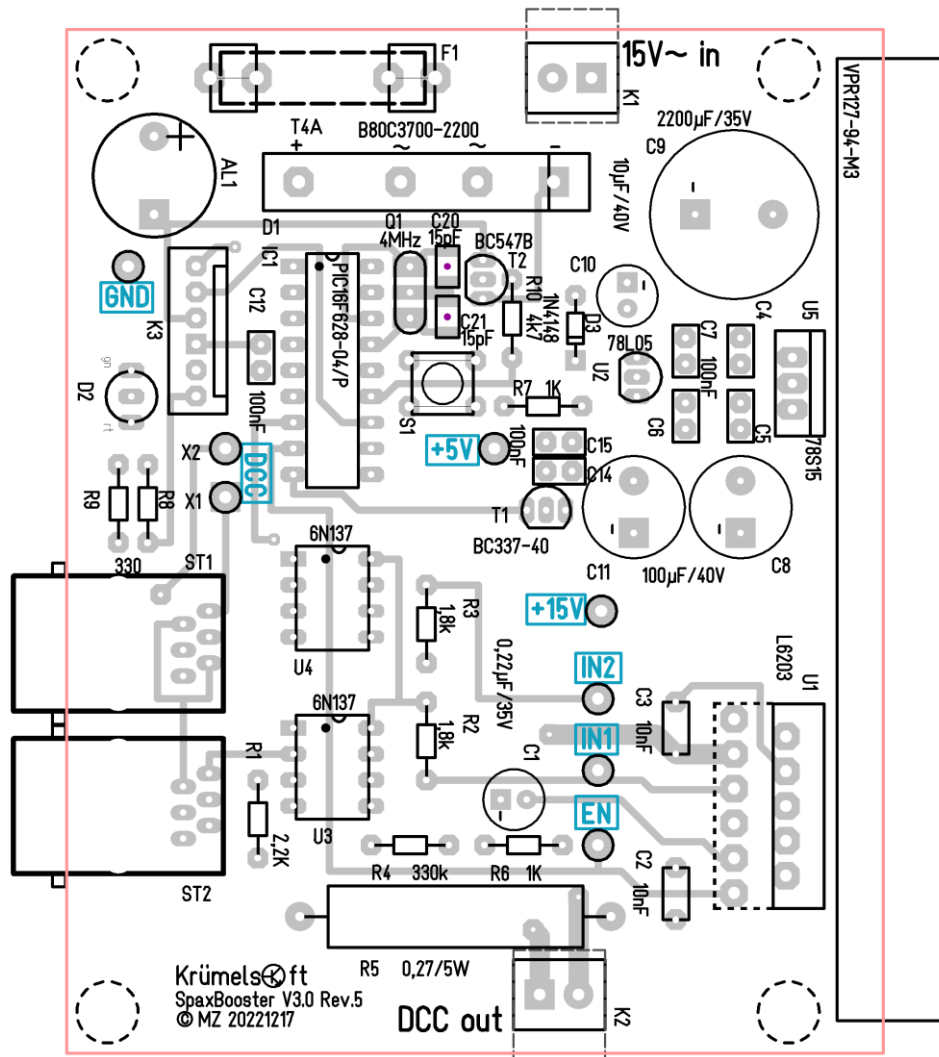
**Die Folge:** Überhitzung des [L 6203](#) oder von Fahrzeugen auf dem Gleis (dies kann dann auch zur Zerstörung von Fahrzeugen führen)!

## Vorbereitende Schritte

Bei der Platine für den Spaxbooster handelt es sich bei V3.0 Rev.5 um eine professionell gefertigte Platine mit Bestückungsaufdruck, bei der die Lage der einzelnen Bauteile kennzeichnet ist. Vor dem eigentlichen Bestücken der Platine sind keine weiteren manuellen Bearbeitungsschritte erforderlich.

## Gesamtbestückung

Hier zunächst ein Überblick über die Gesamtbestückung – damit man weiß, welcher Aufwand besteht:



allgemeine Hinweise:

- zu den Lötunkten auf der Platine:
  - ICs : Pin 1 ist 4-eckig
  - C : Anschluss '-' ist 4-eckig
  - Diode : Anschluss an Ring ist 4-eckig
- zu den Bauteilen:
  - der Einbau der Diode ist richtungsabhängig (auf den Ring achten)
  - der Einbau des Tantalelko und der Becherelkos ist polaritätsabhängig (auf das '+' bzw. '-'-Zeichen achten)
  - der Einbau des Brückengleichrichters ist richtungsabhängig (auf Bedruckung achten, auf Grund der Bohrungen passt der Brückengleichrichter nur in einer Position)
  - der Einsatz der ICs ist richtungsabhängig (auf Markierung achten)

Sinnvollerweise werden die Bauteile ihrer Größe nach von niedrig nach hoch verbaut.

### Schritt 1

Diode und Widerstände einlöten

(Diode: Polarität = Ring beachten!)

(Widerstand: bei den verwendeten Metallfilmwiderständen mit 1%iger Toleranz ist der letzte Ring immer braun. Wer mehr über Farben wissen will:

<https://www.dieelektronikerseite.de/Sheets/Widerstand%205%20Ring.htm>)

R8, R9	330	orange orange schwarz schwarz braun (nicht mit 330k verwechseln!)
R6, R7	1k	braun schwarz schwarz braun braun
R2, R3	1,8k	braun grau schwarz braun braun
R1	2,2k	rot rot schwarz braun braun
R4	330k	orange orange schwarz orange braun (nicht mit 330 verwechseln!)
R10	4,7k	gelb violett schwarz braun braun

### Schritt 2

Kondensatoren und Resonator (Quarz) einlöten

C2, C3 10nF Aufschrift = 10n

C4...C7,

C12, C14 100nF Aufschrift = 104

C1 0,22µ Aufschrift .22 35+ (auf Polarität achten!)

Q1 Resonator Aufschrift ZTT 4.00MG, da das Bauteil symmetrisch ist, spielt die Einbaurichtung (links oder rechts) keine Rolle. Je nach verwendetem Resonator bzw. Quarz kann die Aufschrift abweichend sein...

**Unbedingt Hinweise im Kapitel „Hinweise zu einigen Bauteilen“ beachten!**

### Schritt 3

Taster, Halbleiter, Kondensatoren, Sicherungshalter, IC-Fassungen einlöten

IC1, U3, U4 IC-Fassungen. Diese haben eine Einkerbung, die nach oben zeigen sollte, um die Lage des ICs zu kennzeichnen. Die Lage der IC-Fassung hat keinen Einfluss auf die Funktionalität, wohl aber die Lage des darin befindlichen Bauteiles!

F1 Sicherungshalter

(so einsetzen, dass die Sicherung hineingesetzt werden kann...)

T1 BC337 (abgeflachte Seite nach unten, siehe Skizze)

T2 BC547 (abgeflachte Seite nach links, siehe Skizze)

U2 78L05 (abgeflachte Seite nach links, siehe Skizze)

C8, C11 100µ/63V (auf Polarität achten!)

C10 10µ/50V (auf Polarität achten!)

(bei den Kondensatoren ist die '-'-Seite meistens durch ein farblich abgesetztes Band mit '-' gekennzeichnet)

### Schritt 4

Brückengleichrichter, Ladekondensator, Lastwiderstände, Lötnägel, Anschlussklemmen, RJ12 einlöten

D1 Brückengleichrichter B40C5000 (auf Polarität achten!)

C9 Ladekondensator 2200µ/35V (auf Polarität achten!)

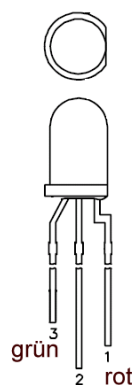
R5 Stromfühlerwiderstand Aufschrift R27 = 0,270Ω  
siehe auch Hinweistext im Schaltbild

TP1...TP6, X1, X2 Lötnägel (werden nur für Testzwecke benötigt, können daher auch entfallen. Dann ist ein Test im Fehlerfall aber schwerer...)

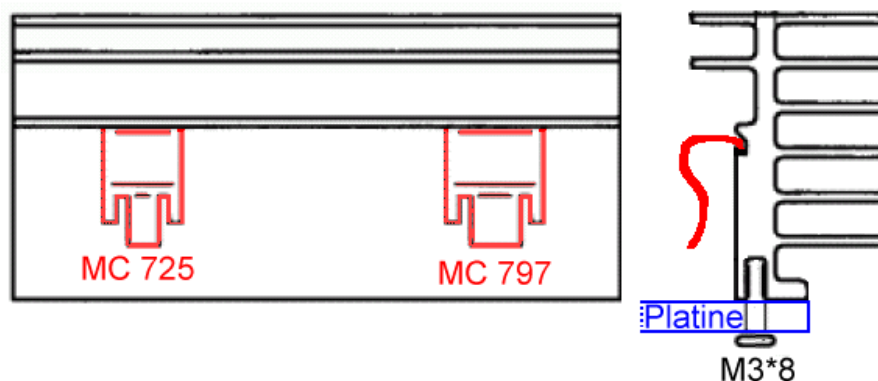
K1, K2 Anschlussklemmen (Wannenstecker)  
 K3 Stiftleiste, 6polig  
 AL1 Alarmgeber  
 S1 Taster für Alarmgeber aus  
 ST1, ST2 MEPB (RJ12)

## Schritt 5

DuoLED, Spannungsregler, Alarmgeber, Leistungsbrücke einlöten  
 D2 DuoLED, hierbei unbedingt auf richtige Polung achten, sonst leuchtet die LED im Fehlerfall grün – das ist nicht besonders sinnig!



An der abgeflachten Seite befindet sich der Anschluss für die rote Leuchtdiode; dies ist auch der Anschluss mit mittlerer Länge (siehe Skizze)



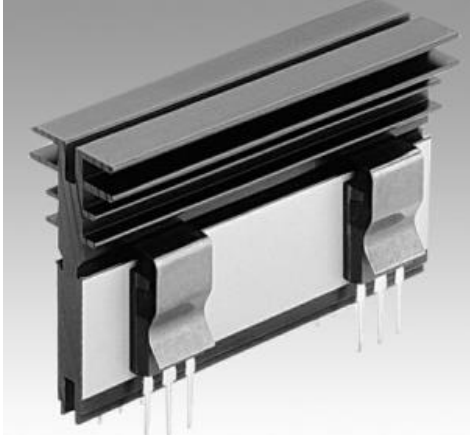
Übersichtsskizze für die Kühlkörpermontage

Aufbaureihenfolge bei dem verwendeten Kühlkörper V PR127/94-M3<sup>4</sup>:

- Spannungsregler und Leistungsbrücke in die Platine einstecken, aber nicht anlöten!
- Kühlkörper anhalten aber nicht festschrauben und Position der Bauteile am Kühlkörper mit Bleistiftstrichen markieren
- Kühlkörper zur Seite legen
- Wärmeleitpaste auf die Bauteilrückseiten dünn auftragen
- Kühlkörper in die Hand nehmen und Montageclip im markierten Bereich in die Halterille am Kühlkörper einbringen, siehe Skizze oben. In der Skizze rechts ist der Kühlkörper bereits mit der Platine verschraubt - das kommt jedoch erst später!

<sup>4</sup> Diese Anleitung ist auch auf den Kühlkörper [SK 481 94 SA](#) anwendbar, MC 7XX wird durch [THFU 1](#) ersetzt.  
 Stand: 09.12.2023

- Halbleiter unter die Montageclips schieben:  
dazu ist der Montageclip leicht anzuheben, in dem er am freien Ende angefasst und vom Kühlkörper weggezogen wird (hierbei spürt man die Federkraft des Clips – ist das nicht der Fall, steckt der Clip nicht korrekt in der Halterille im Kühlkörper!).  
Kühlkörper und Bauteile sollten jetzt so ähnlich aussehen, wie im nächsten Beispielbild gezeigt (hier werden ein anderer Kühlkörper und andere Bauteile gezeigt, das Prinzip sollte aber deutlich werden):

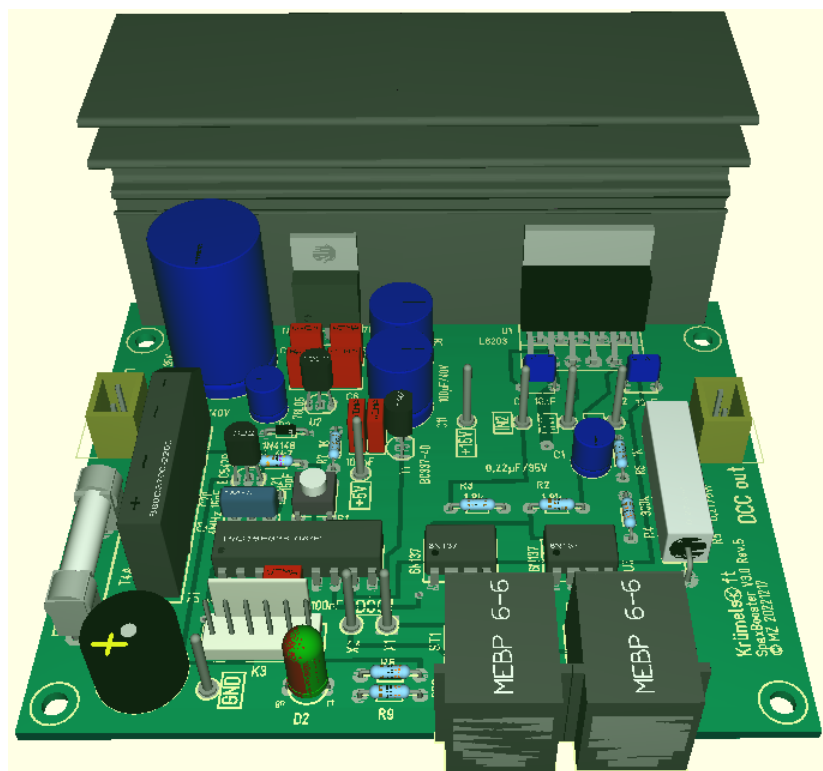


- die am Kühlkörper befestigten Halbleiter in die Bohrungen stecken, der Kühlkörper steht jetzt auf der Platine
- Kühlkörper von unten mit den zwei M3\*8-Schrauben anschrauben. Der Kühlkörper selbst benötigt keine Bohrungen, die Schrauben werden in die untere Längsnut geschraubt; diese besitzt Längsrillen, in denen die Schraube wie in eine Mutter gedreht wird.
- zum Schluss die Halbleiter anlöten

## Schritt 6

Vor diesem Schritt ist eine Kontrolle aller Lötstellen sinnvoll.

- Sicherung F1 (4A träge) einsetzen.





## Inbetriebnahme und Kurztest

Für die Inbetriebnahme und nachfolgenden Tests verwendet man sinnvollerweise ein Labornetzgerät mit 19V= (oder etwas mehr...), dass über eine einstellbare Strombegrenzung verfügt. Damit kann man bei Fehlern größere Schäden vermeiden. Vor dem Einsetzen der ICs wird der Booster mit geringer Strombegrenzung (ca. 100mA) eingeschaltet und die Spannungen geprüft.

- sowohl die 15V= als auch die 5V= müssen an den Messpunkten (beschriftete Lötnägel auf der Platine) vorhanden sein.
- Booster wieder ausschalten
- ICs einsetzen, auf die richtige Einbaurichtung achten, Pin 1 ist jeweils oben links:
  - Optokoppler 6N137 (U3, U4) mit den Markierungen (Kerbe, Punkt) nach oben in die Sockel einsetzen.
  - Der Mikroprozessor PIC 16F628-04/P (IC1) muss mit der speziellen Boostersoftware programmiert sein und wird ebenfalls mit der Markierung nach oben eingesetzt.

Nach dem erneuten Anlegen der Versorgungsspannung muss die LED **gelb** leuchten → DCC-Signal fehlt. Wird nun der Booster mit dem LocoNET® verbunden, dann muss die LED **grün** zeigen → DCC-Signal vorhanden.

Jetzt ist bei vollem Strom (ca. 3A) das Kurzschlussverhalten zu prüfen, in dem der Ausgang kurzgeschlossen wird: die LED **muss rot** werden und so lange rot bleiben, wie der Kurzschluss besteht. Wird der Kurzschluss nicht ausgelöst (LED leuchtet **nicht rot**), so kann die Empfindlichkeit durch einen zusätzlichen Kondensator C15 (100...220nF) verbessert werden. Wolfgang Hückel hat hierzu eine Beschreibung erstellt.

**Unbedingt Hinweise im Kapitel „Wichtig für den Betrieb“ beachten!**

## Kurzschlussanzeige

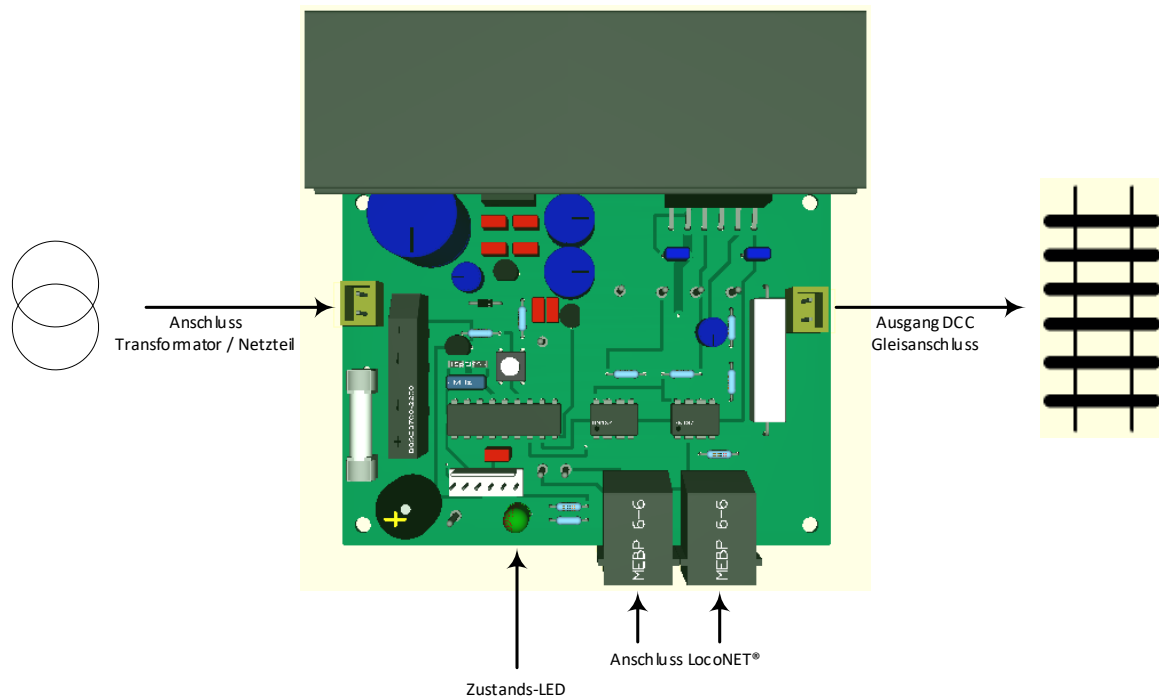
Für die Kurzschlussanzeige dient neben der LED auch ein Summer (Alarmgeber AL1), der im Kurzschlussfall ertönt. Um den Summer auszuschalten, dient der Taster S1. Alle Elemente sind auf der Platine verbaut. Über die Steckerleiste K3 können diese Elemente auch extern verbaut werden, z.B. in einem Halteblech oder auch in einem Gehäuse.

## Betrieb




### Montage in der Anlage / dem Modul

Wie es der Name schon sagt: der Spaxbooster wird unter die Anlage / das Modul geschraubt („gespaxt“) und benötigt daher normalerweise kein Gehäuse. Beim Anschrauben unter einem Modul ist darauf zu achten, dass hier nicht auch der Transformator / das Netzteil mit unter das Modul geschraubt wird. 230V~ im Modulkasten sind unzulässig! Sinnvollerweise erfolgt die Montage auch so, dass die LED sichtbar und der Taster erreichbar bleibt.





### Anschluss in der Anlage / dem Modul



Der Betrieb ist einfach, es sind drei Anschlüsse herzustellen:

- Anschluss eines Transformators oder Netzteils links (hierzu unbedingt die Hinweise im Kapitel „**Wichtig für den Betrieb**“ beachten!
- Anschluss an das Gleis (DCC-Signal) rechts. Bei einem Modulaufbau wird immer auch die Polarität geprüft (damit nicht zwei Gleisabschnitte verkeert gepolt sind). Damit im Bedarfsfall umgepolt werden kann, werden von vielen
  - 4mm-Laborbuchsen (z.B. Reichelt BIL 20 GN )
  - bzw. Kupplungen (z.B. Reichelt KUN 30 GN )
  - zusammen mit passenden Steckern (z.B. Reichelt BUELA 30 K GN ) für die Verbindung zum Gleis verwendet.
    - ❖ Eine feste Verbindung zum Gleis ist nur dann sinnvoll, wenn ein Polaritätsumschalter (z.B. Reichelt WS R13-244 D) zwischen Spaxbooster und Gleis vorgesehen wird!
    - ❖ Den Stecker an der Platine selbst kann man nicht verdrehen!
- Der dritte Anschluss erfolgt an das LocoNET® und erfolgt beim Aufbau. Hier spielt die verwendete Buchse keine Rolle, beide Anschlüsse sind gleichberechtigt.

## Anzeigen im Betrieb

	Bedeutung	Erforderliche Handlung
LED  aus	Spannungsversorgung fehlt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ist der Transformator angeschlossen und eingeschaltet?</li> <li>- Ist die Sicherung auf der Platine in Ordnung (eingesetzt und nicht defekt)?</li> </ul>
LED 	Normaler Betrieb	Keine – so ist es gut
LED 	Kein LocoNET® vorhanden	LocoNET® überprüfen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- angeschlossen?</li> <li>- an der Zentrale eingeschaltet?</li> </ul>
LED  Summer ertönt	Kurzschluss	Auf dem angeschlossenen Streckenabschnitt nach dem Kurzschluss suchen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fahrzeug entgleist?</li> <li>- Weiche aufgefahren?</li> <li>- ...</li> </ul> <p><u>Hinweis:</u> Ist der Kurzschluss beseitigt, geht der Booster selbstständig wieder in den Normalbetrieb.</p> <p>Mit einem Kurzschluss ertönt auch ein Summer auf der Platine. Dieser kann über einen Taster (auf der Platine oder auch zusätzlich extern) im Bedarfsfall abgeschaltet werden. Ist der Kurzschluss behoben, verstummt auch der Summer.</p>

## Software für den PIC-Prozessor

Der PIC-Prozessor benötigt eine Software, um seine Aufgabe zu erfüllen. Diese wurde mit der frei verfügbaren [MPLAB IDE v8.92](http://www.mplab.com/ide/8.92/) erstellt.

Der Quellcode (<http://www.github.com/Kruemelbahn/SpaxBooster>) ist unter Github gemäß der zugehörigen Lizenz verfügbar.

Mit dem Kompilieren entsteht eine HEX-Datei, die vor der Inbetriebnahme der Schaltung in den PIC geflashed (gebrannt) wird. Hierzu kann jeder PIC-Brenner verwendet werden, der den verwendeten Prozessor kennt; meine PICs brenne ich mit dem Brenner8 von Jörg Bredendiek (<http://www.sprut.de>).

Aktuelle Version der Software: 4 *(die Software mit seiner Konfiguration ist sowohl für die Verwendung mit einem Resonator als auch mit Quarz und Kondensatoren verwendbar)*

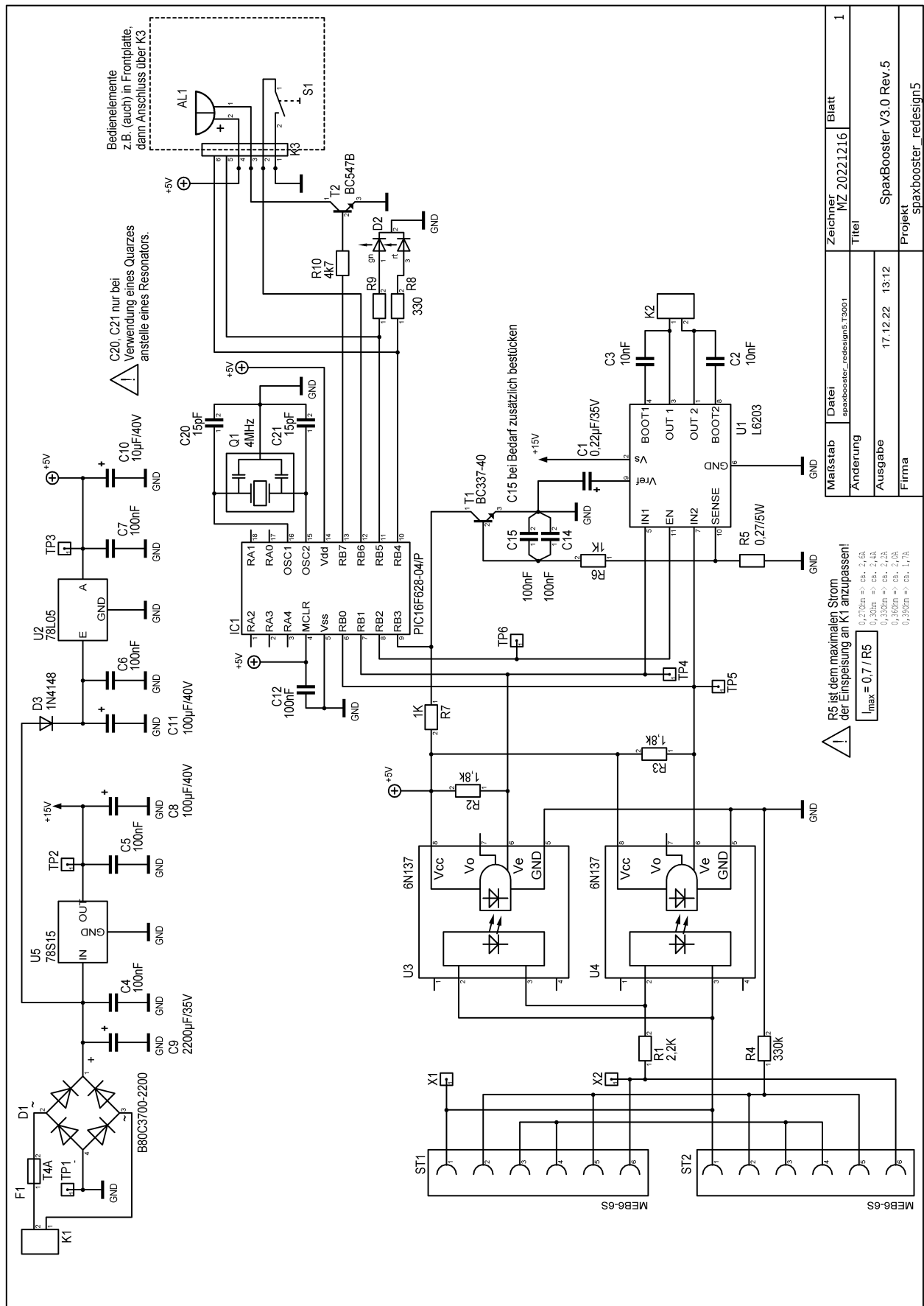
## Einsatz in anderen Systemen

Bei Einsatz eines TwinCenter / Intellibox ist der Booster über das LocoNET® immer an der Buchse **LocoNET-B** anzuschließen, die LocoNET-T-Buchse enthält kein DCC-Signal!

Da der Spaxbooster als Eingangssignal nur das RailSync-Signal benötigt (dies ist identisch mit dem DCC-Signal, welches direkt am Gleis anliegt), kann er auch in anderen DCC-Systemen problemlos eingesetzt werden.

Hierzu ist über die Lötstifte X1 und X2 das Gleissignal anzuschließen.

## Schalbild



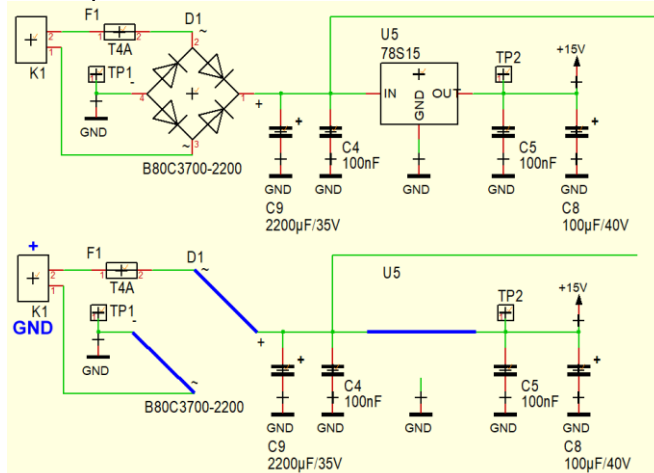
## Direkte 15V=-Einspeisung

Wieso wird eigentlich eine Einspeisung mit 15V~ oder 19V= benötigt? Wer hat das schon?

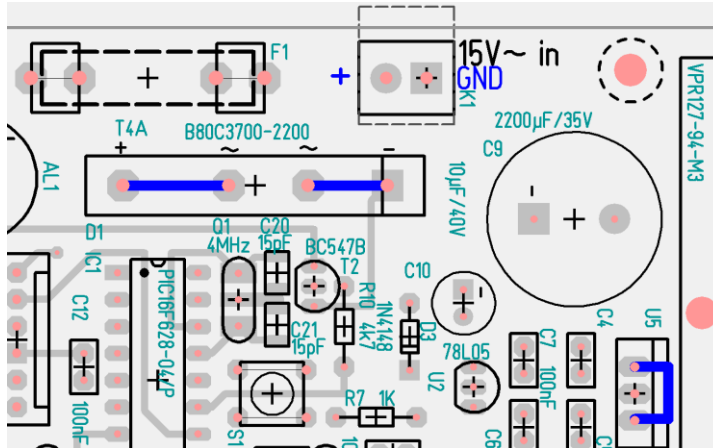
Tatsächlich geht es auch anders: mit einer 15V=-Einspeisung – Schaltnetzteile mit 15V= sind sicherlich einfacher zu erhalten als solche mit 19V=. Und für 15V~ wird ein (schwerer) Transformator benötigt...

Aber: für die 15V=-Einspeisung muss der Spaxbooster anders bestückt werden bzw. entsprechend modifiziert werden:

- die Bauteile D1 (B40C5000-WW+), U5 ( $\mu$ A 78S15) und der Montageclip 9mm entfallen bzw. werden nicht benötigt und daher nicht bestückt.
- stattdessen werden drei Brücken eingelötet - siehe blaue Linien im nachfolgenden Schaltplanausschnitt:



(oben: Ausschnitt aus dem Originalschaltplan, darunter der angepasste Schaltplan mit den drei Brücken in blau)  
Auf der Platine werden die drei Brücken wie unten in blau gezeichnet eingelötet:



Hier ist auch die zwingend polaritätsabhängige Einspeisung zu erkennen!

Für die Versorgung mit 15V= gilt:

- Es ist ein (Schalt-)Netzteil zu verwenden, das eine Leistungsabgabe von **MINDESTENS 40W** hat.

Der Stecker K1 selbst ist verpolungssicher, aber es ist darauf zu achten, dass auf diese Art umgebaute Spaxbooster nicht mehr mit 15V-Wechselspannung betrieben werden dürfen und können!

## Versionsgeschichte

vor V3 Rev.5		Nicht nachgehalten
V3 Rev.5	17.12.2022	Platine korrigiert, Handbuch auf V3 Rev.5 aktualisiert, Hinweise auf alternative Bauteile ergänzt.
	19.04.2023	Stückliste korrigiert
	22.04.2023	Bestückung T2, AL1, K3, S1 und Kapitel „Betrieb“ hinzugefügt
	24.04.2023	Redaktionelle Korrekturen
	05.09.2023	Abschnitt „Direkte 15V=-Einspeisung“ hinzugefügt
	09.12.2023	Abschnitt „Software“ korrigiert