

6 V-Transistorzündung mit Zusatzfunktionen

1. Ziel

Folgende Aufgabenstellung wollte ich mit einer Eigenbau-Zündung lösen:

- Elektronische Transistorzündung
- Abschaltung des Zündstromes bei eingeschalteter Zündung, geschlossenem „Unterbrecher“ und stehendem Motor
- Integration eines Kontaktes zur TÜV-konformen Überwachung des Seitenständers unter zusätzlicher Einbeziehung des Leerlaufschalters
- Kontaktloser, verschleißfreier Geber anstatt mechanischem Unterbrecher
- Integrierte Anzeige für den Schaltpunkt des Gebers zur Zündungseinstellung
- Verwendung der Originalzündspule
- Alle Umbauten sollen zurückrüstbar sein

Intensives Kettengooglen hat verschiedene Schaltungen zu Tage gefördert, die letztendlich alle nicht meinen Ansprüchen gerecht wurden. Die meisten waren sowieso für 12V, damit in jedem Fall komplett umzudimensionieren und dienten nur als Idee für Schaltungsteile. Für die Versuche habe ich zur altbewährten „Freiluftverdrahtung“ gegriffen (Bild 1.1). Das ist der geringste Aufwand. Fachleute werden vielleicht die Hände über dem Kopf zusammenschlagen. Wenn man das Chaos systematisch aufbaut, hat man so jedoch sehr schnell Ergebnisse. Manchmal leider auch rauchende Bauelemente – Nobody is perfect.

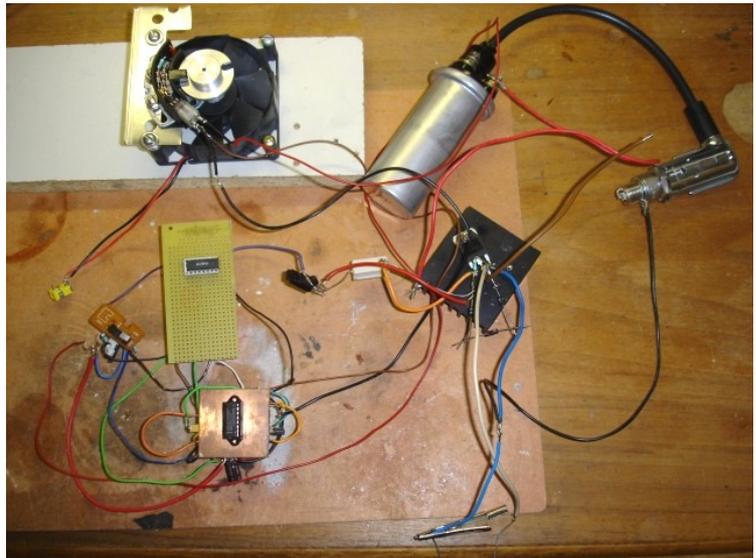
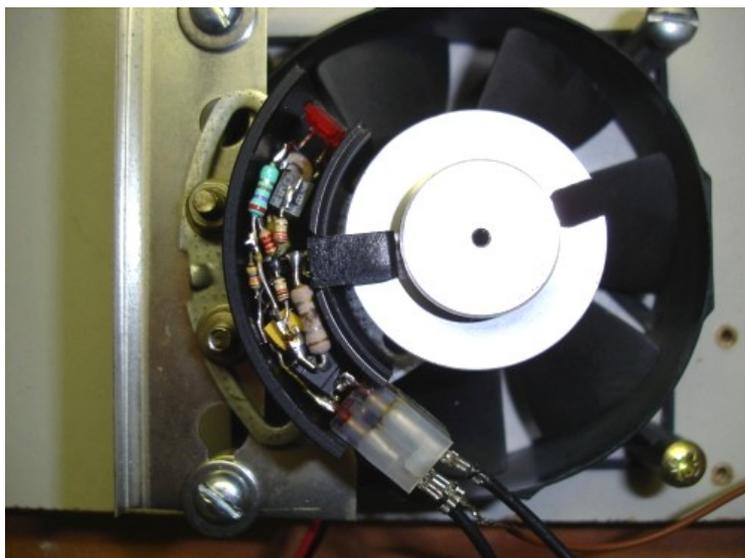


Bild 1.1: Versuchsaufbau, etwas chaotisch – aber funktioniert



Als Taktgeber ist hier schon der endgültige nach (2.) benutzt. Den Motor ersetzt ein alter Lüfter mit aufgeklebtem Testnocken. Ein bisschen schwach im Anzug, aber auf dem Schreibtisch gibt es ja auch keine Berge. (Bild 1.2) Der Schließwinkel ist viel zu klein (ca. 10°), aber der Lüfter läuft bei den Tests auch nur max. 1300 U/min.

Bild 1.2: Geber, auf Unterbrecherplatte montiert, noch unvergossen

Einige Versuchsaufbauten und Tests später habe ich die folgende Schaltung umgesetzt.

2. Schaltung des Impulsgebers (Unterbrecher)

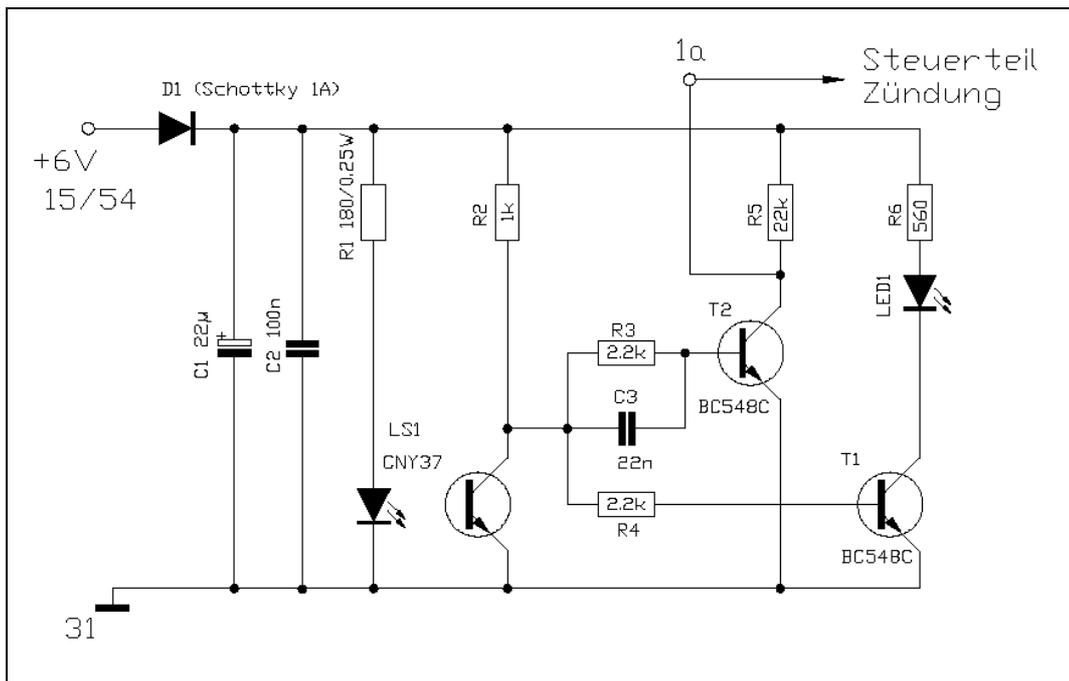


Bild 2.1: Geberschaltung an der Kurbelwelle

Der berührungslose Geber beruht auf einer Gabellichtschranke, die von einem auf der Kurbelwelle sitzenden Nocken unterbrochen wird. Die Schaltfunktion ist wie folgt:

- LS1 unterbrochen → Steuerausgang 1a auf +6V = „Unterbrecher“ offen
 - LS1 nicht unterbrochen → Steuerausgang 1a auf 0V = „Unterbrecher“ geschlossen
- R4, T1, LED1, R6 dienen nur zur Visualisierung des Schaltpunktes und erleichtern die Einstellung des Zündzeitpunktes erheblich. Will man auf diese Funktion verzichten, können sie ersatzlos entfallen.

3. Schaltung der Zündung

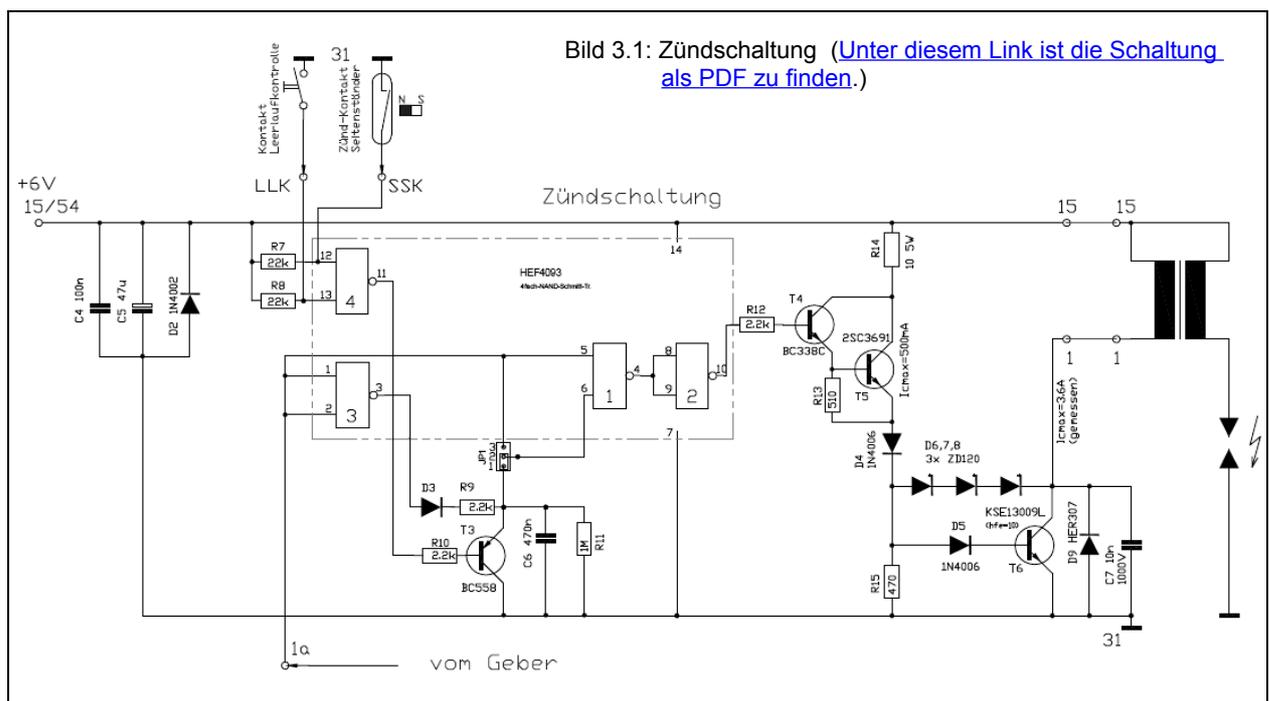


Bild 3.1: Zündschaltung ([Unter diesem Link ist die Schaltung als PDF zu finden.](#))

3.1. Schaltverstärker

Solange der Darlington-Treiber T4/T5 leitet erhält T6 einen Basisstrom von ca. 500mA und ist ebenfalls leitend. Es fließt Strom durch die Zündspule. Die hohe Stromverstärkung der Darlingtonstufe ist notwendig, um den max. Kollektorstrom des T6 von 5A direkt aus dem CMOS-Gatter des HEF4093 anzusteuern. D2 und D5 schützen vor negativen Spannungsimpulsen, D6/7/8 begrenzen die Spannung auf ca. 360V. An R14 fallen ca. 2,5W Verlustleistung ab, so dass auf ausreichende Belastbarkeit zu achten ist. Wird die Schaltung später vergossen, sollte das mindestens ein 5W-Typ sein. T5 und T6 werden auf einem Kühlkörper montiert.

Dem i.A. als „Entstörkondensator“ bezeichneten C7 kommt besondere Bedeutung zu. Versuche haben gezeigt, dass er entscheidenden Einfluss auf die absolute Höhe des Nadelimpulses hat, der letztlich den Zündfunken erzeugt. In einigen Schaltungen wird hier der originale C der Unterbrecherzündung mit 220nF verwendet. Damit macht man nach meinen Ergebnissen einen wesentlichen Vorteil einer Transistorzündung, nämlich die höhere Zündimpuls-Spannung, wieder zunichte. Die Bilder 3.1.1-3.1.4 zeigen den Zündimpuls mit verschiedenen Werten für C7.

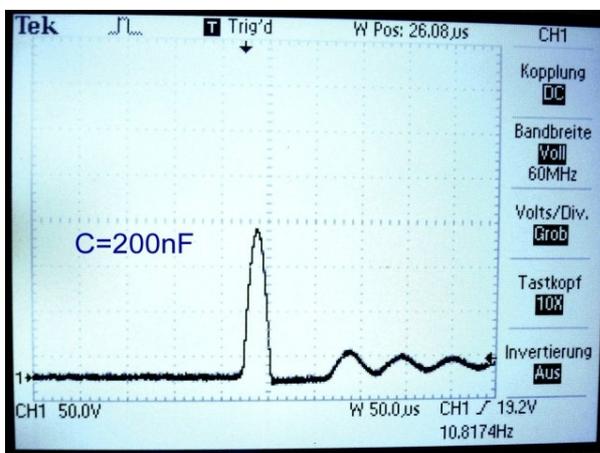


Bild 3.1.1: C7=200nF, Vz~170V

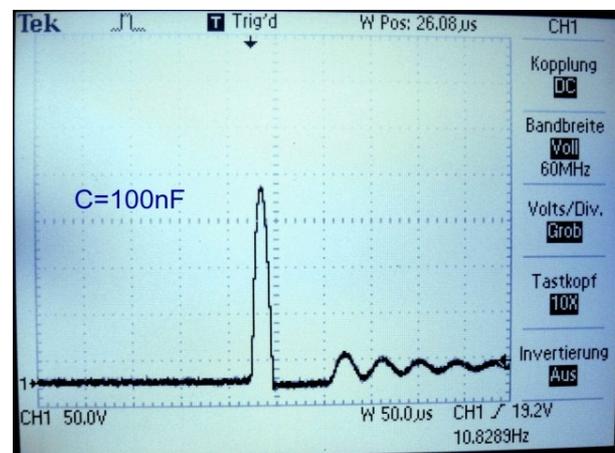


Bild 3.1.2: C7=100nF, Vz~230V

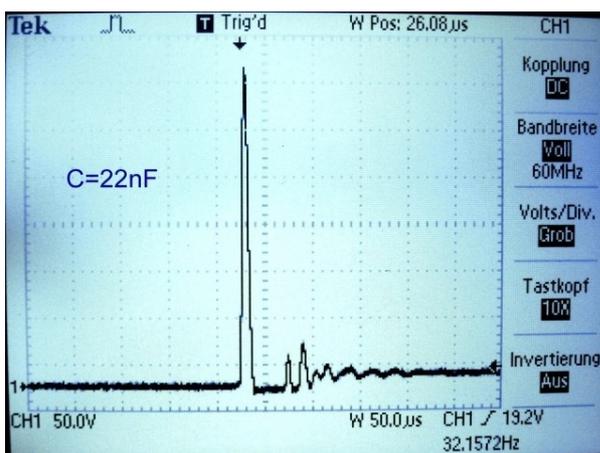


Bild 3.1.3: C7=22nF, Vz~350V

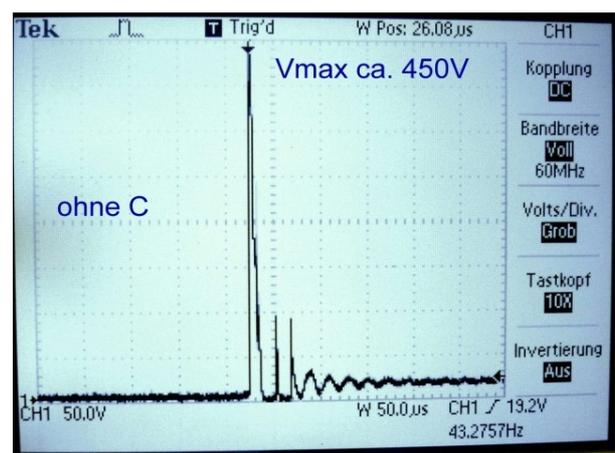


Bild 3.1.4: ohne C7, Vz~450V

Die von mir gemessenen Werte wurden von Lothar durch Simulation der Schaltung am PC nachgeprüft und in Ihrer Tendenz bestätigt. Letztendlich verbaut habe ich C7 mit 10nF. Er sollte eine Spannungsfestigkeit von wenigstens 400V besitzen.

3.2. Ansteuerlogik für Schaltverstärker

Das Herzstück der Logik ist ein 4fach-NAND-Schmitt-Trigger HEF4093. Dieser Schaltkreis vereinigt die Funktionen:

- großer Betriebsspannungsbereich (-0,5 bis 18V)
- 4 NAND-Gatter mit je 2 Eingängen
- Impulsformende Eingänge (Schmitt-Trigger)

Zur Ansteuerung des Schaltverstärkers dienen die Gatter 1 (5/6/4) und 2 (8/9/10). Bei Jumper JP1 in Stellung 2-3 (ohne Abschaltautomatik) werden die Geberimpulse an 5/6 zu sauberen Rechteckimpulsen geformt und steuern T4/T5 sehr steil an. Je geringer die Umschaltzeit von T6 ist, umso höher ist auch die in der Zündspule erzeugte Spannungsspitze. Außerdem wird die Verlustleistung in den Transistoren während des Schaltvorganges minimiert. Sie arbeiten praktisch im reinen Schalterbetrieb.

Gatter 2 dient nur zur Invertierung, um die Logik des Gebers mit der des Schaltverstärkers in Einklang zu bringen.

3.3. Abschaltautomatik

Diese Funktion wollte ich unbedingt realisieren. Mindestens 2 Zündspulen haben sich bei mir bereits in den ewigen Elektronenhimmel verabschiedet, nur weil die Zündung bei geschlossenem U-Kontakt und stehendem Motor zu lange eingeschaltet war. Das hinterhältige daran ist, dass derart geschädigte Spulen nicht einfach ihre Arbeit einstellen. Neeiiiiin! Weit gefehlt! Durch die angekockelte Isolation im Inneren entstehen dann völlig unmotivierte Zündaussetzer. Bevorzugt bei sich erwärmender Spule, während im kalten Zustand alles bestens scheint. Zündfunke ist bei ausgebaute Kerze selbstverständlich immer sichtbar. Was habe ich da schon geflucht...

Also, zurück zur Schaltung.

Die Abschaltautomatik besteht aus Gatter 3 (1/2/3), D3, R9, C6 und R11. Sie ist nur in Stellung 1-2 von JP1 aktiv.

Zündstrom fließt, wenn T4/T5 durchgesteuert sind, also Ausgang 10 logisch „1“ bzw. Ausgang 4 logisch „0“ ist. Gemäß Logik eines NAND-Gatters ist das nur dann der Fall, wenn die Eingänge 5 und 6 **beide** „1“ sind. Umgekehrt heißt das, bei allen anderen möglichen Zuständen von 5 und 6 ist T6 gesperrt.

Solange Impulse vom Geber kommen, der Motor also läuft, wird C6 über Gatter 3, D3, R9 ständig aufgeladen. Bevor der erste Zündimpuls durch unterbrechen von LS1 entsteht, war 1a mindestens 1x „0“ und hat damit C6 aufgeladen. Eingang 6 liegt immer auf „1“. Gatter 1 wird nur noch über den Zustand von Eingang 5 gesteuert.

Bleiben die Impulse aus, d.h. liegt ein statischer Zustand an 1a vor, gibt es zwei Möglichkeiten:

- 1a = „0“: 5 = „0“, 6 statisch „1“ und damit 4 = „1“, 10 = „0“ → T4/5/6 sind gesperrt
- 1a = „1“: 5 = „1“, 6 ist **noch** „1“ → T4/5/6 sind leitend; C6 wird über R11 entladen, bei Unterschreiten der Schaltschwelle wird 6 = „0“ und T4/5/6 sperren. Es fließt kein Strom mehr durch die Zündspule. Dieser Vorgang dauert etwa 1-2 Sekunden.

Der erste neue Impuls vom Geber stellt den Zustand für „laufenden Motor“ wieder her.

3.4. Überwachung Seitenständer

Dieser Schaltungsteil besteht aus Gatter 4 (12/13/11), R7, R8, R10, T3 sowie den Schaltern für Leerlauf und Seitenständer. Letzterer ist ein Reedkontakt, der bei eingeklapptem Ständer geschlossen ist. (Bild 4.3.4 – 4.3.6)

Die Funktion ist einfach erklärt. Ist T3 durchgesteuert, liegt Eingang 6 permanent auf „0“ und damit unabhängig von Eingang 5 Ausgang 4 immer auf „1“ bzw. 10 auf „0“, T4/T5/T6 sind gesperrt. Es erfolgt keine Zündung.

Angesteuert wird T3 mit der Logik von Gatter 4, ersichtlich aus folgenden Tabellen:

SS-Kontakt (eingeklappt- geschlossen)	LL-Kontakt (bei LL - geschlossen)	Ausgang Zündung
Eingang (12)	Eingang (13)	Ausgang (11)
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabelle 1: Logik, elektrisch

Seitenständer hochgeklappt	Leerlauf	Zündung
Eingang (12)	Eingang (13)	Ausgang (11)
ja	ja	ein
ja	nein	ein
nein	ja	ein
nein	nein	aus

Tabelle 2: Logik, verständlich

So wird auch der Vorteil einer solchen Verknüpfung ersichtlich:

Solange kein Gang eingelegt wird, ist die Stellung des Seitenständers völlig egal. Andersherum kann der Motor auch auf dem SS stehend laufen, solange kein Gang eingelegt wird. Das vermeidet die übermäßige „Bevormundung“ durch die Überwachung.

4. Aufbau

4.1. Geber

Die wenigen Bauteile des Gebers habe ich direkt, dreidimensional in der späteren Form und Anordnung zusammengelötet. (Bild 4.1.1 und 4.1.2) Das erscheint auf den ersten Blick abenteuerlich und wenig dauerhaft im Fahralltag. Ist es aber nicht, weil später alles noch mit Harz vergossen wird. [Das Gehäuse ist aus Kunststoff angefertigt](#). Auf diese Art entstehen gleich 3 Stück. (Bild 4.1.3 und 4.1.4) Wer diese Möglichkeit nicht hat, muss hier improvisieren

Durch den gedrängten räumlichen Aufbau passt die Schaltung später ideal an die vorgesehene Stelle auf der Unterbrechergrundplatte.

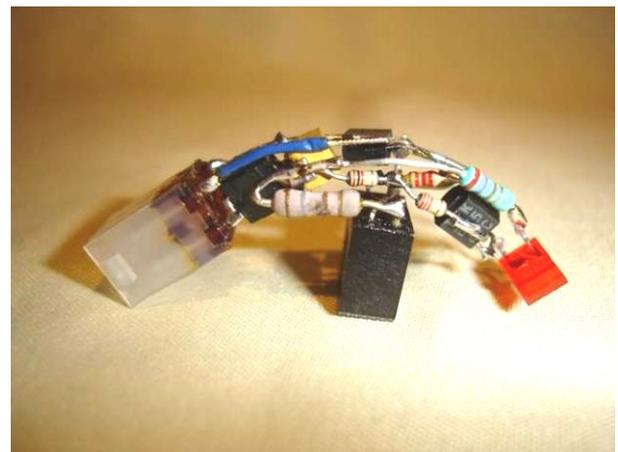
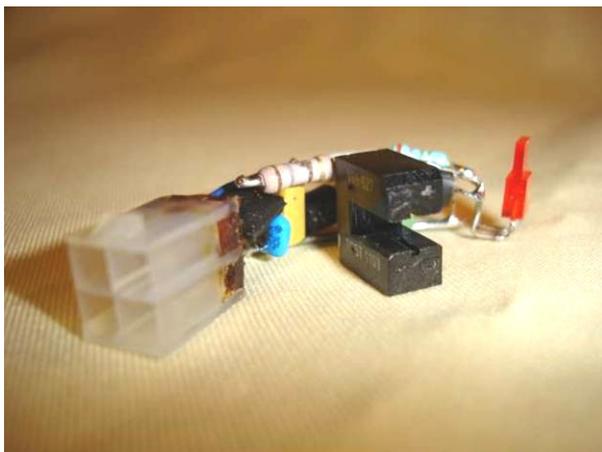


Bild 4.1.1 und 4.1.2: Geber in Freiluftverdrahtung der späteren Form angepasst

Der Steckverbinder stammt von einem Computernetzteil. Er wurde ausgewählt, weil er die perfekt passenden Außenmaße und eine mechanische Verriegelung gegen selbständiges Lösen hat.



Bild 4.1.3: Gehäuse auf leicht modifizierter Unterbrechergrundplatte

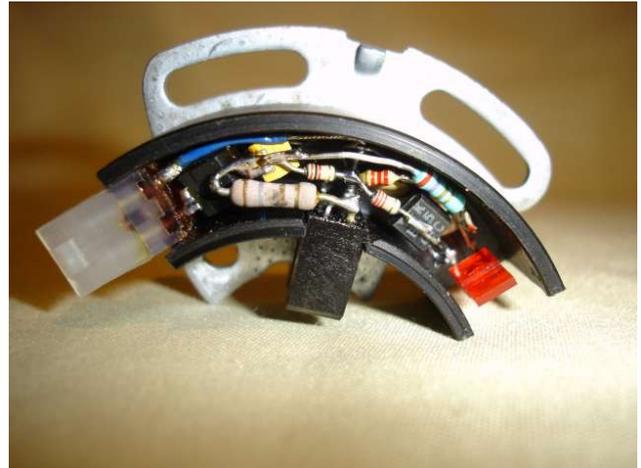


Bild 4.1.4: mit Elektronik

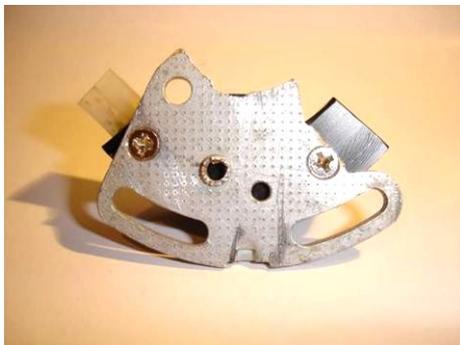


Bild 4.1.5



Bild 4.1.6

Da Magnetismus bei diesem Geber keine Rolle spielt, ist auch die oft beschriebene antimagnetische Ankerschraube nicht erforderlich.

Unter folgenden Links liegen eine [Maßzeichnung des verwendeten Nockens](#) und der [Einbauverhältnisse an der Lima](#). Die Geometrie entspricht einem Schließwinkel von exakt 180° .

4.2. Steuergerät

Die Schaltung ist auf einer 2-seitigen Platine von 79x47 mm aufgebaut. (Bild 4.2.1) Die Maße ergaben sich aus dem verwendeten Kühlkörper. Die dunkleren Leiterzüge befinden sich auf der Bestückungsseite.

Auf den Bildern 4.2.2 und 4.2.3 fehlen noch die Steckfahnen. Abweichend zu Layout und Schaltung wurde der Kondensator C5 ($47\mu\text{F}$) in 2x $22\mu\text{F}$ aufgeteilt und als SMD direkt auf die Leiterseite gelötet (2x gelbes Bauteil in Bild 4.2.3). Bei Montage der Hälften werden die Transistoren T5 und T6 durchgesteckt und verlötet. T5 und T6 sind isoliert auf dem Kühlkörper montiert. Er hat kein Potential der Schaltung und darf ohne weiteres Massekontakt haben.

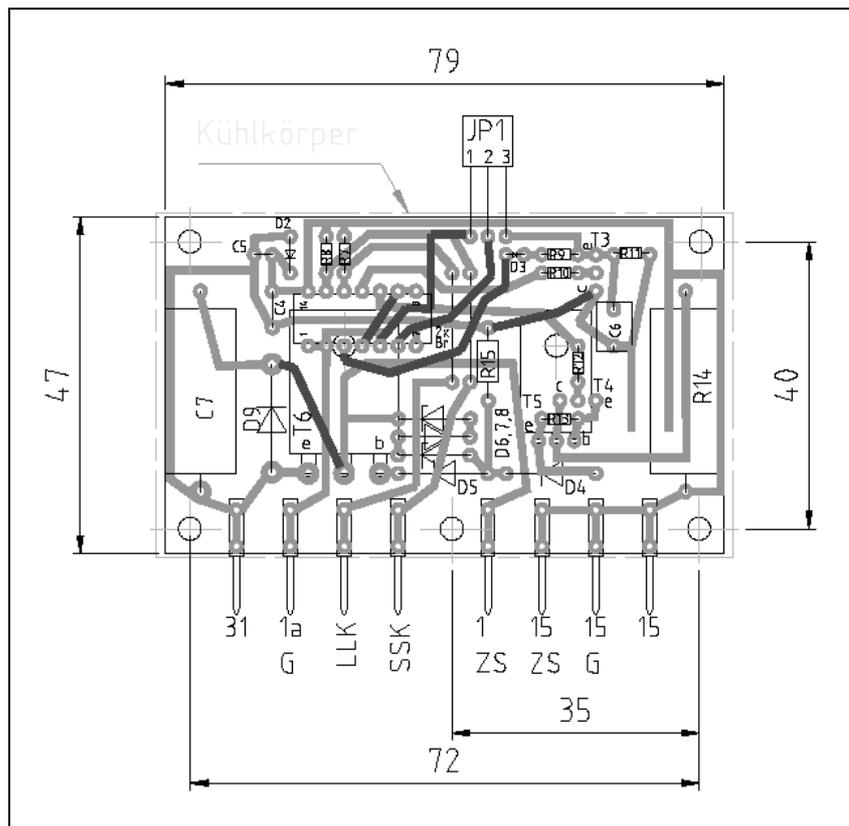


Bild 4.2.1: Platinenlayout, Bestückungsseite

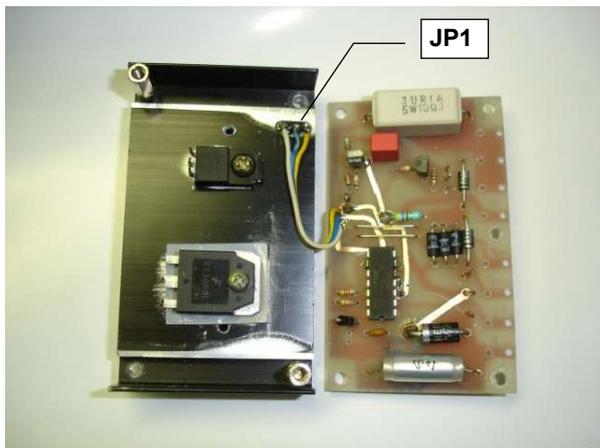


Bild 4.2.2: bestückte Platine



Bild 4.2.3: bestückte Platine, Leiterseite

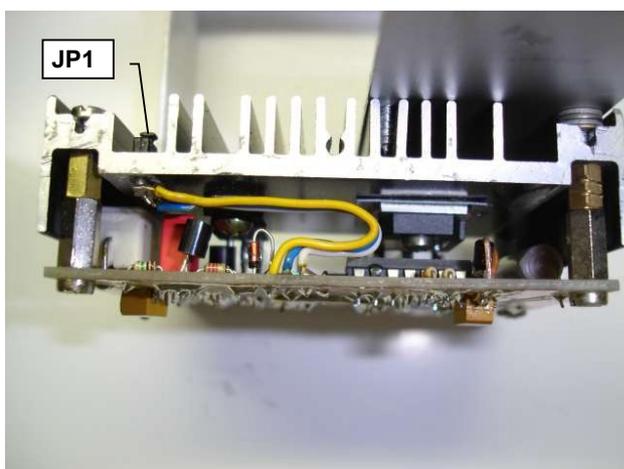


Bild 4.2.4: Die Lage der Bauteile ist gut zu erkennen

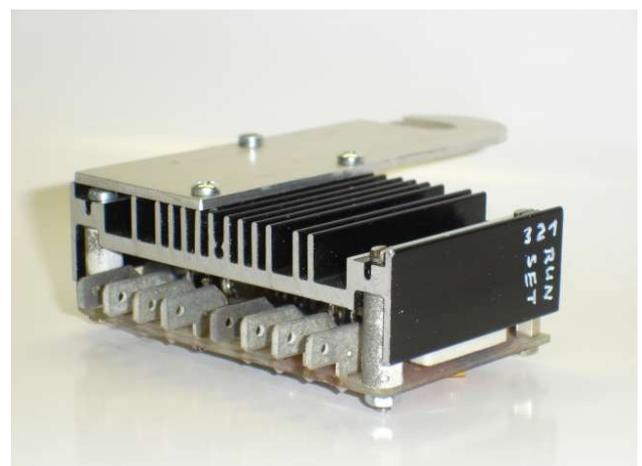


Bild 4.2.5: einbaufertig (unvergossen)

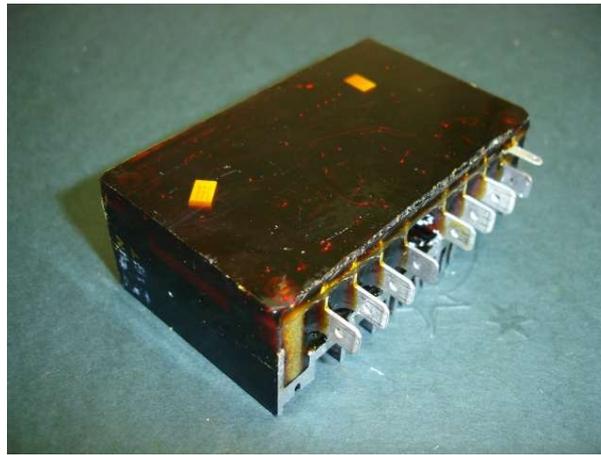


Bild 4.2.6: nach ausgiebigem Test in der TS vergossen

4.3. Einbau in die TS

Für das Steuerteil mit seinen Zusatzfunktionen war ein modifizierter [Kabelbaum](#) nötig. Da mein alter marode war und sowieso ersetzt werden musste, war das kein Problem.



Bild 4.3.1: Steuerteil unter der Sitzbank mit modifiziertem Kabelbaum.
Das Bauteil links ist der [Eigenbau-Regler](#) .



Bild 4.3.2 und 4.3.3: Geber und Nocken

Geber und Nocken sind 1:1 austauschbar gegen die vorherige Unterbrechervariante.

Für den Kontakt am Seitenständer habe ich einen selbstgebauten Reed-Schalter verwendet. Der Kontakt (ca. $\varnothing 2 \times 10$ mm) wird an das Kabel gelötet und in ein Kunststoffrohr von ca. $\varnothing 4$ mm eingegossen.

Die Befestigung erfolgt mit handelsüblichen Kabel- bzw. Rohrschellen

Bild 4.3.4: Reed-Schalter, Kunststoffrohr



Bild 4.3.5: Reed-Schalter am Seitenständer – offen



Bild 4.3.6: Reed-Schalter – geschlossen

5. Links

Folgend ein paar Links, die mir geholfen haben. Teils als Erklärung für bestimmte Zusammenhänge, teils als Anregung. Manche Schaltungsdetails finden sich in abgewandelter Form in meiner Zündung wieder.

http://www.wartburgpeter.de/hp_download.htm
http://www.italoclassicbikes.de/downl/fs_downl.htm
<http://www.geocities.com/zweitakt/transistor.htm>
<http://www.oldieboote.de/hihgspeed.pdf>

Ich übernehme keinerlei Haftung für Personen-, Sach- oder irgendwelche anderen Schäden die aus dem Nachbau bzw. der Verwendung von mir gegebener Informationen entstehen. Ebenso für die Verwendung im Hinblick auf Zulässigkeit im Geltungsbereich der StVO, StVZO, FZV bzw. aller anderen eventuell zutreffenden Gesetze.

Kopie und Weitergabe dieses Dokumentes in jeder Form ist für nicht kommerzielle Zwecke ausdrücklich erlaubt. Eine Quellenangabe wäre nett.

Sollten sich Fehler eingeschlichen haben, bin ich für entsprechende Hinweise dankbar und werde sie gern richtig stellen.