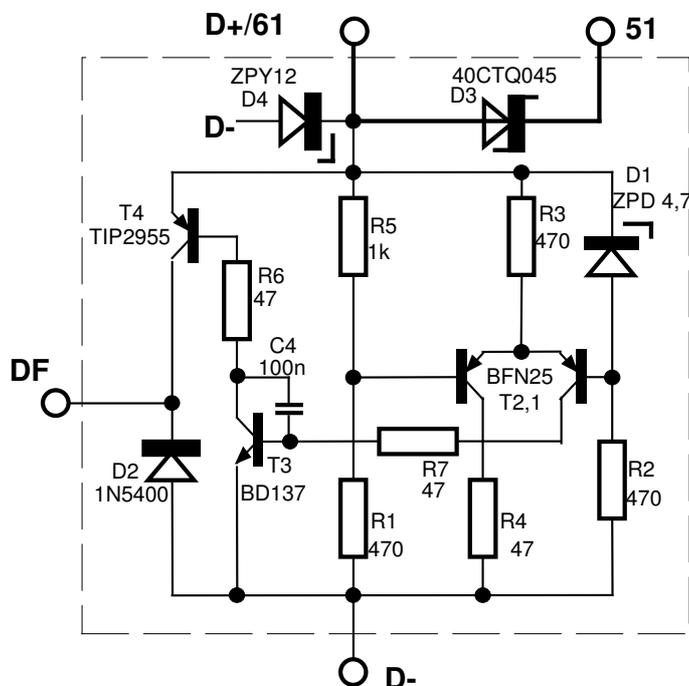


# Elektronischer 6-V-Spannungsregler für Gleichstrom-LiMa zum Selbstbau

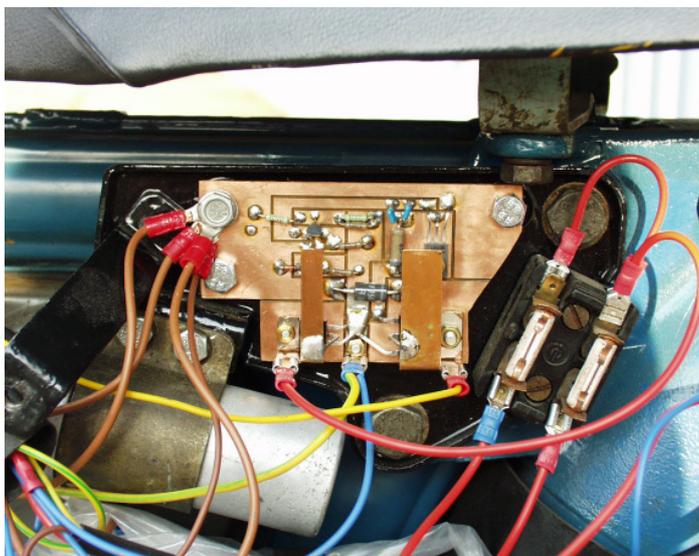
## Erste Version (2005)

Im Mai 2005 wurde die erste Anleitung zum Selbstbau eines Reglers auf der Basis einer weit verbreiteten Schaltungsstruktur mit modernen, diskreten Bauelementen ins mz-forum.com gestellt.

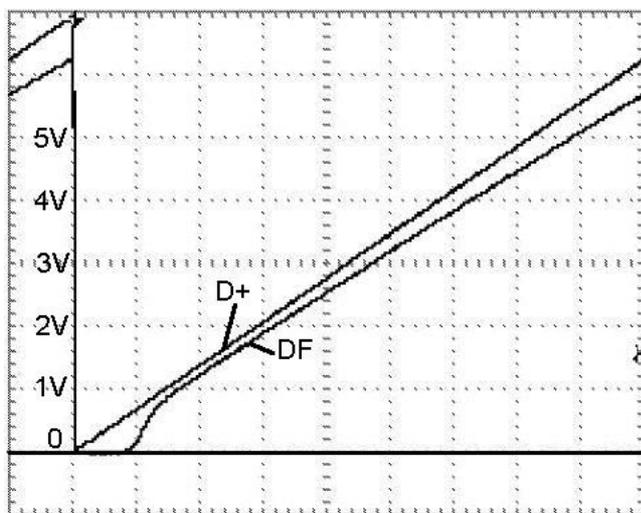


**Bild 1:** Ur-Schaltung des 6-V-Reglers

Die Schaltung wurde von einigen Foristi nachgebaut und ausgiebig getestet (Bild 2). Aufgrund dieser Erfahrungen kam es zu Ergänzungen, die einen besseren Schutz gegen die im Fahrzeug üblicherweise auftretende Spannungsstörspitzen gewährleisteten. Weiterhin konnten einige Widerstände, Kondensatoren und Transistoren durch ihre SMD-Bauformen ersetzt werden, was eine bessere mechanische Stabilität der Baugruppe sicherte.



**Bild 2:** Test des Prototyps in einer ES150/1



**Bild 3:** Initialisierungsverhalten

Die Initialisierung des Reglers beim Start des Motors (Bild 3) erfolgt ab etwa 1V Ankerspannung. Dies wurde bei reichlicher Standgasdrehzahl und dem verbliebenen Magnetismus in der LiMa stets sicher

erreicht. Ein Anschließen ohne Batterie war jedoch nicht möglich, da die Last der Zündspule die erforderliche Ankerspannung von 1 V für die Initialisierung des Reglers verhinderte.

## Zweite Version (2010)

Eine völlige Neukonzeption der Reglerschaltung führte zu folgenden verbesserten Eigenschaften

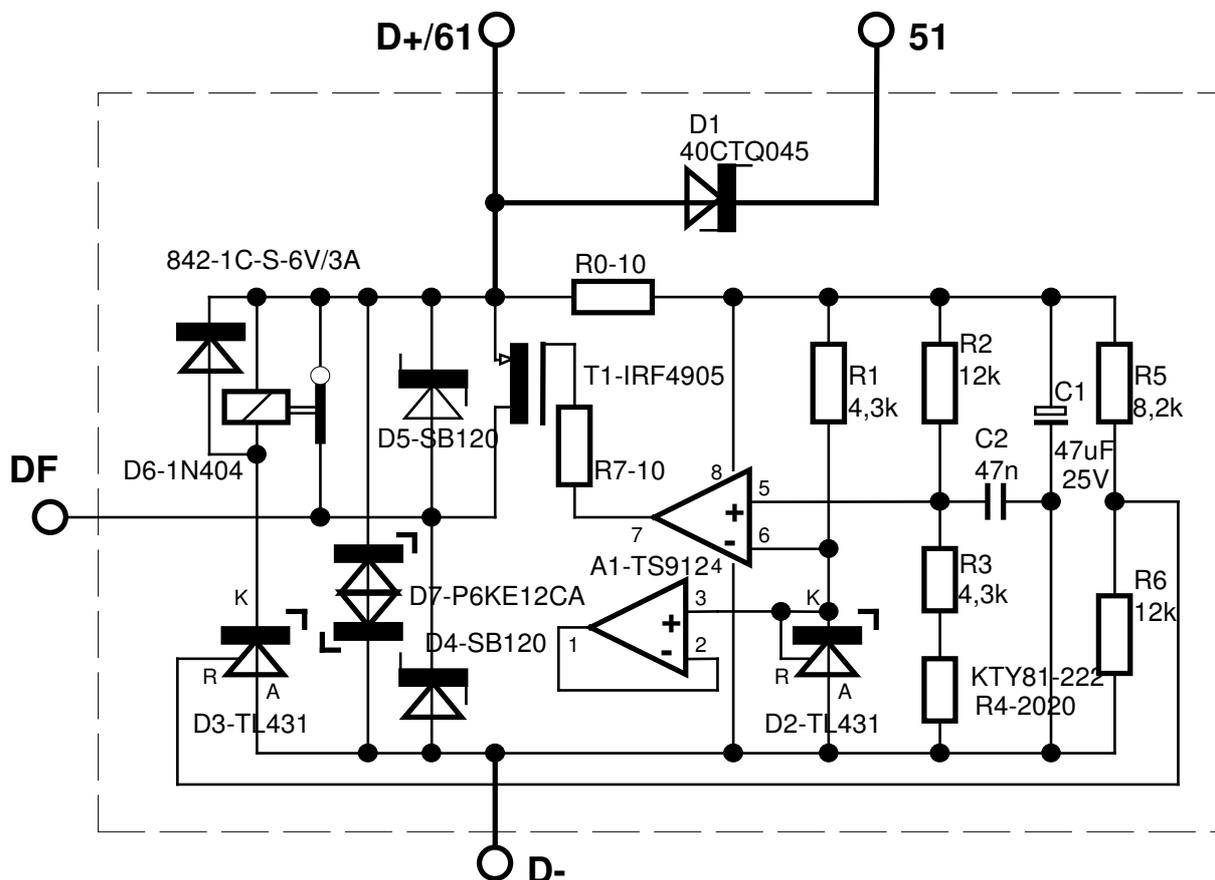
*Nutzung einer präzisen temperaturstabilen Spannungsreferenz (2,50V – TL431)*

*Niedrige Ansteuerleistung durch Ersatz des pnp-Leistungstransistors TIP2955 durch einen p-Kanal-Leistungs-FET IRF4905*

*Einsatz eines Miniaturrelais zur Sicherung der Selbsterregung auch bei Anschleibeetrieb ohne Batterie*

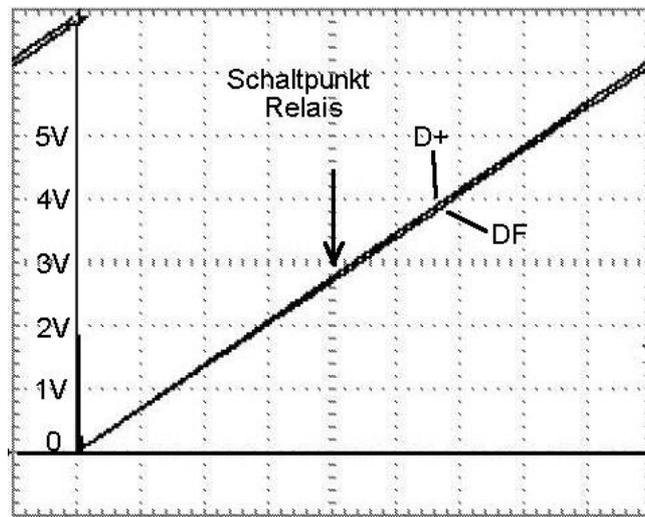
*Berücksichtigung der Temperaturcharakteristik von Bleiakkus (-4mV/K pro Zelle) durch einen Silizium-Tempersensoren KTY81-222*

*Verbesserter Schutz gegen Spannungs-Störspitzen durch schnelle Schottky- bzw. Suppressordioden*



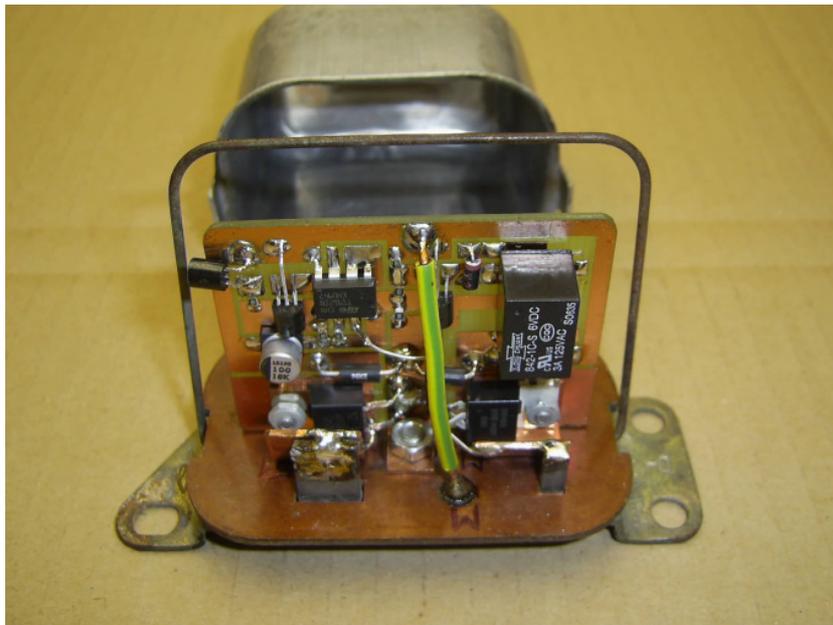
**Bild 4:** Verbessertes Schaltungskonzept mit Relais-Initialisierung und Temperatursensor

Die Spannung an D+ wird auf 7,25V (25°C) mit einem Temperaturgang von -12mV pro Grad geregelt. Abzüglich der Flussspannung der Rückstromdiode D1 ergibt sich eine Bordspannung an Klemme (51) von 6,8V und ein Temperaturgang von etwa -10mV pro Grad.



**Bild 5:** Initialisierungsverhalten der Schaltung nach Bild 4

Das Initialisierungsverhalten (Bild 5) entspricht auf Grund des eingesetzten Mini-Relais´ dem Ideal des elektro-mechanischen Reglers. In der Selbsterregungsphase steigen die Spannungen an D+ und DF identisch an, bis bei einer Ankerspannung von etwa 3V das Relais öffnet und der Leistungs-FET die weitere Steuerung des Feldstromes übernimmt. Das Fahrzeug kann im Notfall ohne Batterie angeschoben werden. Spannungskonstanz und Temperaturcharakteristik bieten optimale Bedingungen für die Verwendung von gasdichten Vlies- oder Gelbatterien.

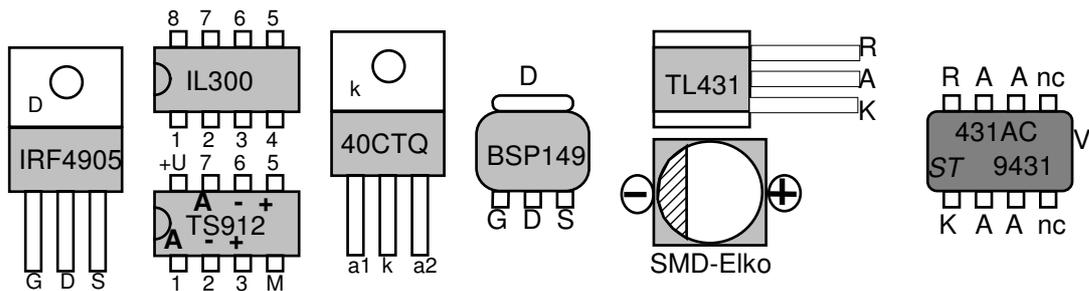
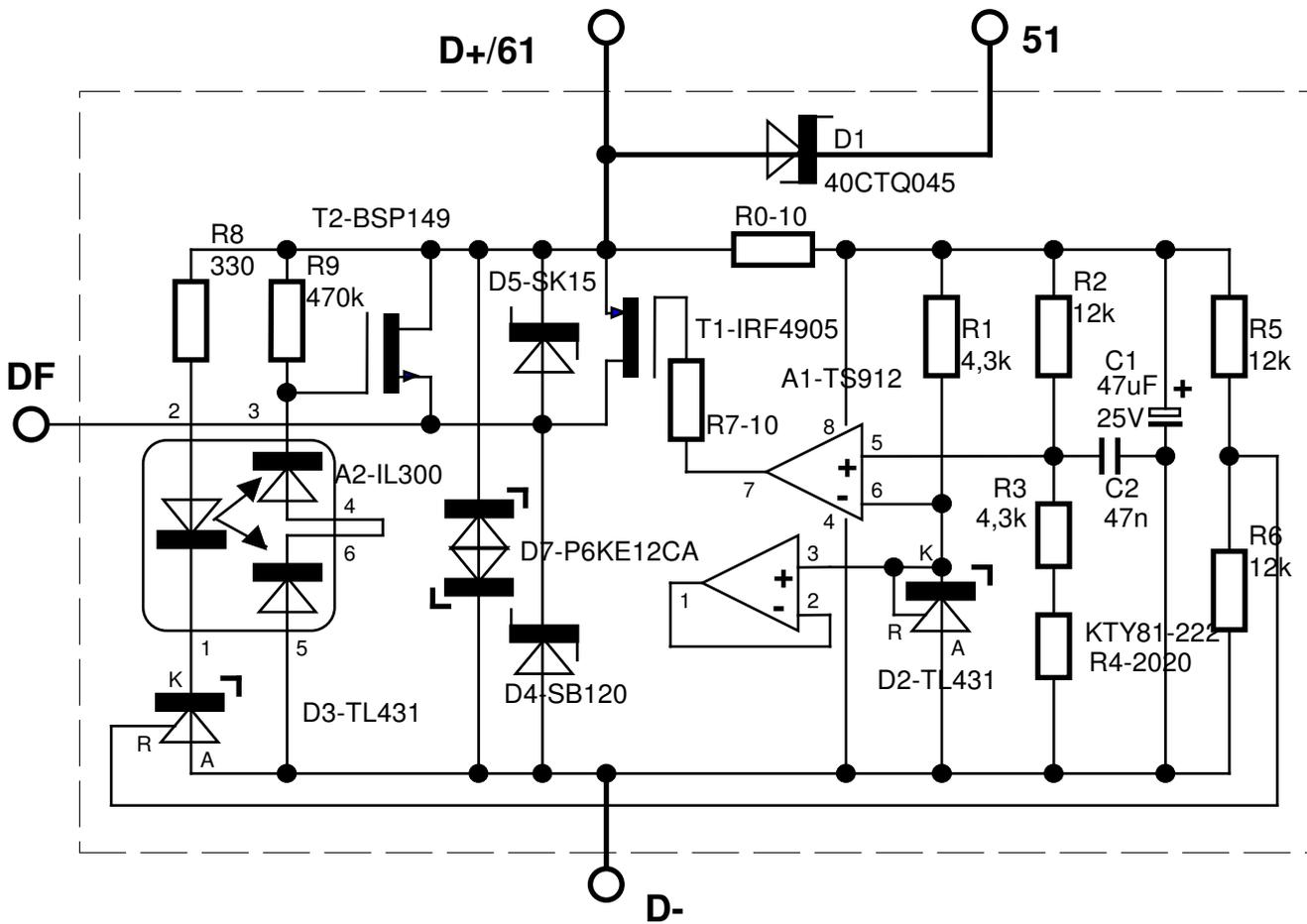


**Bild 6:** Reglerschaltung nach Bild 4 in einem Standard-Alu-Gehäuse für elektro-mechanische Regler

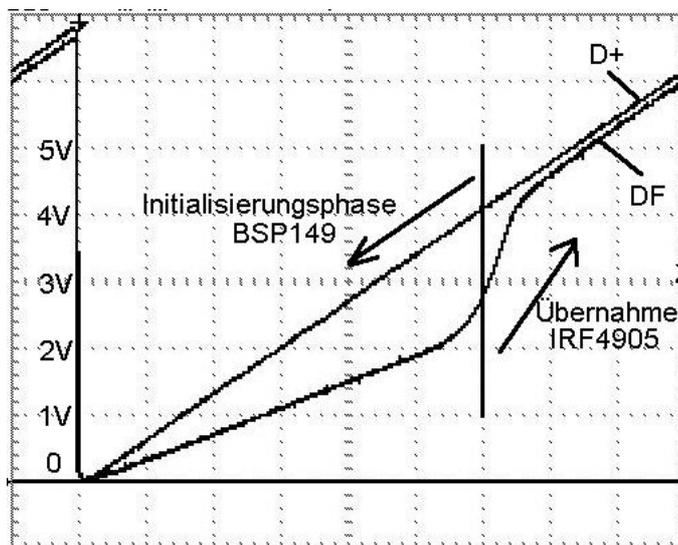
### Dritte und letzte Version (2013)

In der vorerst letzten Entwicklungsstufe konnte das Miniaturrelais durch eine elektronische Schaltung ersetzt werden, wobei alle anderen günstigen Eigenschaften des Reglers erhalten blieben (Bild 7).

Aus dem Initialisierungsdiagramm Bild 8 wird deutlich, dass die Spannung an DF ohne „Totbereich“ von Anfang an mit D+ ansteigt, was eine ausreichende Selbsterregung der LiMa auch im Antriebsbetrieb sichert.



**Bild 7:** Regler mit elektronischer Initialisierung anstelle eines Miniatur-Relais



**Bild 8:** Initialisierungsverhalten des „voll-elektronischen“ Reglers nach Bild 7

Ein Feinabgleich der Reglerspannung ist (wie auch bei der Vorläuferversion) durch zusätzliche Parallelschaltung von Widerständen möglich. Die SMD-Widerstände werden dazu einfach „huckepack“ aufgelötet.

100 kOhm parallel zu R3: +0,14V

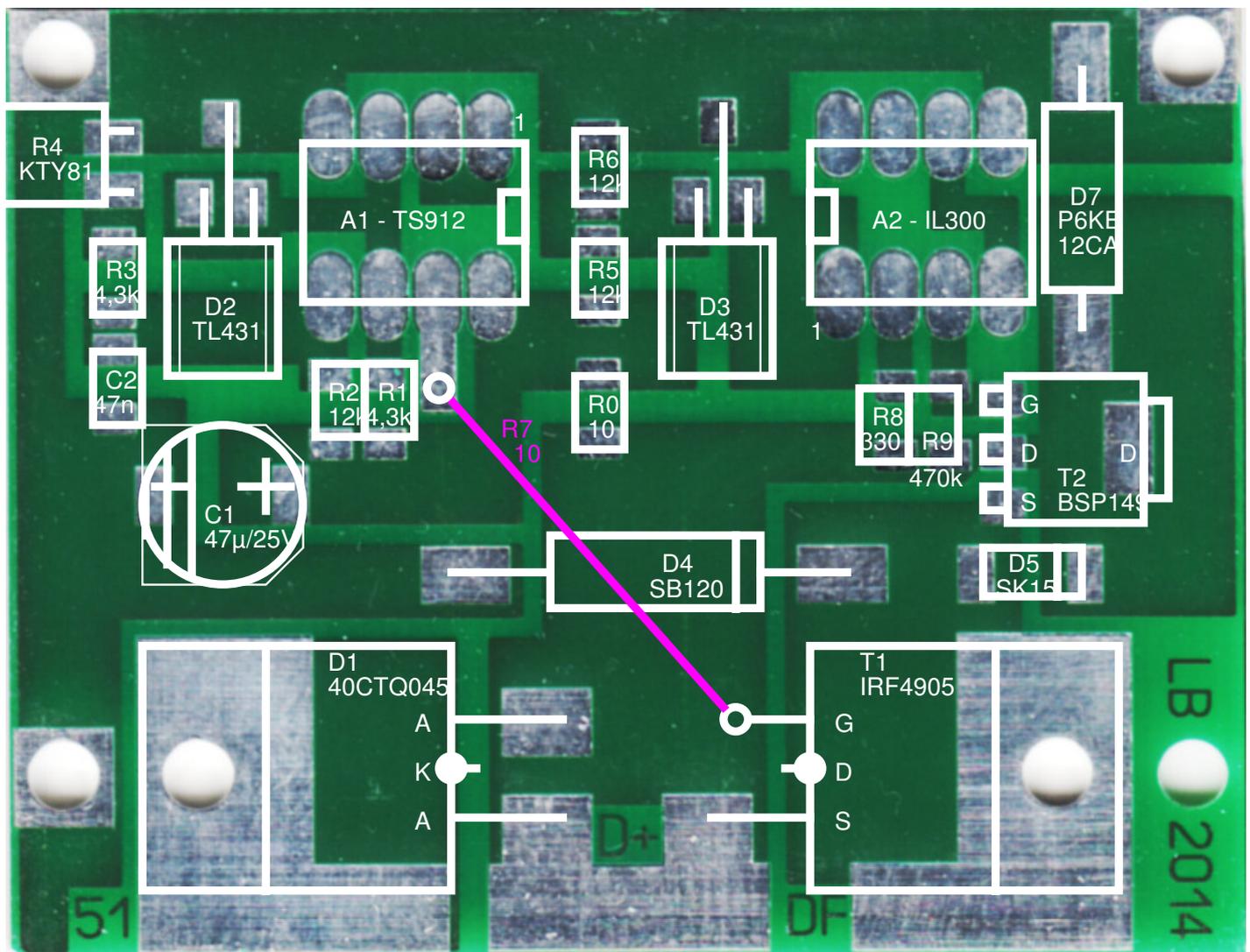
330 kOhm parallel zu R2: -0,17V.

Ebenso kann die resultierende Temperaturkompensation (-10mV/K) durch Modifizierung verschiedener Bauelementewerte beeinflusst werden:

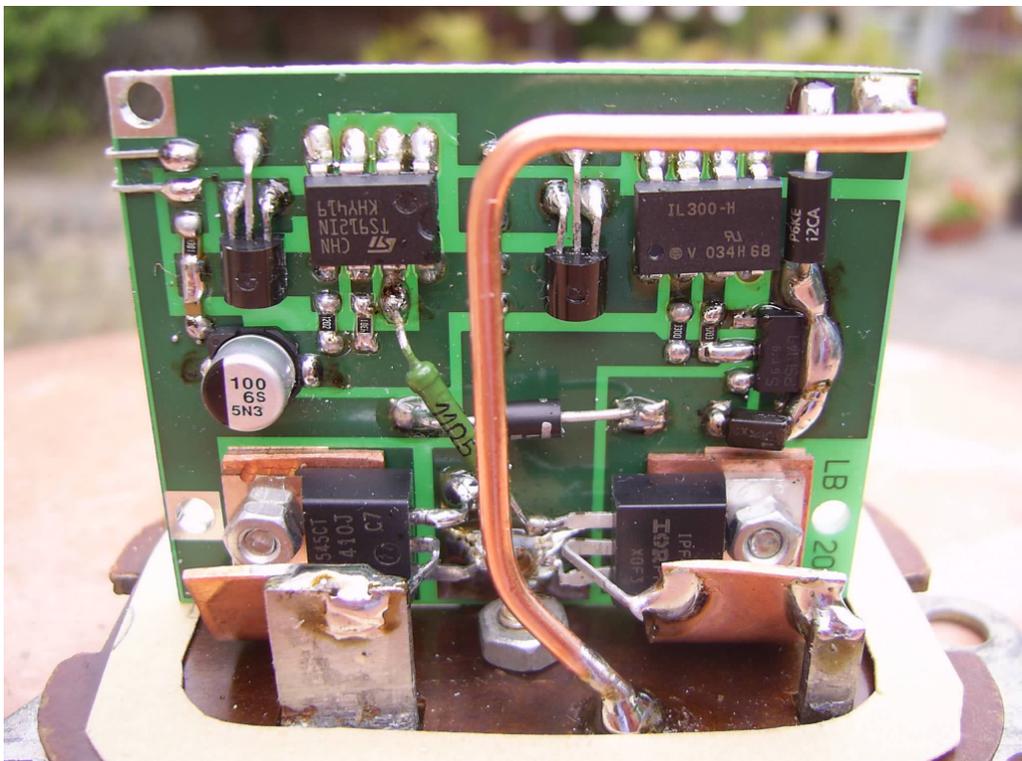
(a) Keine Temperaturkompensation (result.: +2mV/K): R4 durch Festwiderstand 2,0kOhm ersetzen

(b) Verminderte Temperaturkomp. (result.: -6mV/K): 8,2kOhm parallel zu R4 und R3 = 4,7kOhm.

Entscheidend für eine korrekte Wirkung der Temperaturkompensation ist, dass der Sensor auf gleicher Temperatur wie die Batterie ist. Wird der Regler in ein Motorgehäuse eingebaut oder dem heißen Luftstrom hinter dem Zylinder ausgesetzt, sollte auf die Temperaturkompensation besser verzichtet werden, sofern der Sensor nicht abgesetzt in der Nähe der Batterie angebracht werden kann. Die äußeren Abmessungen der Platine nach Bild 9 (57,5 mm x 45 mm) gestatten den problemlosen Ersatz des Reglerrelais' im RT-Spulenkasten. Allerdings muss der Temperatursensor unbedingt außerhalb des Spulenkastens angeordnet werden, da die Zündspule das Innere merklich aufheizt und es damit zu einer fehlerhaften Spannungsbeeinflussung kommt.



**Bild 9:** Layout und Bestückungsplan des Reglers nach Bild 7



**Bild 10:** In ein herkömmliches Reglergehäuse eingebauter Regler nach Bild 7

Beim praktischen Aufbau ist darauf zu achten, dass die breite Drain-Anschluss-Fahne von T2 an eine möglichst große Wärmekapazität und gute Wärmeableitung gekoppelt ist. T2 wirkt zwar bei einem normalen Start des Motors nur für Bruchteile von Sekunden, bis sich die LiMa selbst erregt hat, jedoch werden dabei die elektrischen Grenzwerte des BSP149 erreicht. Zu erkennen ist die Maßnahme am rechten Platinenrand, wo eine voluminöse Zinn-Wulst aufgelegt wurde.

Nachfolgend die Tabelle der verwendeten Bauelemente. Durch veränderte Bauelementewerte im identischen Layout lässt sich der Regler auch bei der 12-V-Drehstrom-LiMa der ETZ einsetzen.

Bauelement	Bauform	6-V-Variante	12-V-Variante
R0	SMD	10	
R1	SMD	4,3k	8,2k
R2	SMD	12k	33k // 220k
R3	SMD	4,3k	
R4	Si-Temp.Sensor	KTY81-222	
R5	SMD	12k	
R6	SMD	12k	
R7	axiale Drahtanschlüsse	10	
R8	SMD	330	680
R9	SMD	470k	
C1	SMD	47uF/25V	
C2	SMD	47nF	
D1	Schottky	40CTQ045	entfällt
D2, D3	Spannungsreferenz	TL431	
D4	Schottky	SB120	
D5	SMD Schottky	SK15	
D7	Suppressordiode	P6KE12CA	P6KE24CA
T1	FET	IRF4905	
T2	SMD	BSP149	
A1	OPV in DIL8	TS912	
A2	Optokoppler in DIL8	IL300	

© 2014 Lothar

**Die gewerbliche Nutzung/Verwertung der oben beschriebenen Schaltung sowie der der Schaltung zu Grunde liegenden Idee auch in modifizierter schaltungstechnischer oder technologischer Form ist untersagt!**