Verminderung von Teilspannungsabfällen und Störungen im Bordnetz von 6-V-Anlagen.

6-V-Anlagen bedürfen bekanntermaßen einer intensiven Zuwendung, um ihre Funktionalität über längere Zeit zu erhalten. Im Folgenden sollen einige Maßnahmen, die die Verkabelung und das Absicherungskonzept in der 6-V-MZ betreffen, vorgestellt werden.

Da wir heutzutage über genauere Messgeräte (Digitalmultimeter) für Spannung und Strom verfügen, lässt sich die optimale Ladespannung von Flüssigkeits-Blei- oder Vlies-Batterien besser kontrollieren bzw. korrigieren als das mit ungenauen Zeigerinstrumenten möglich war. Anstatt die Batterien bei 7,0 ... 7,4 V für helles Licht und stabile Zündung verkochen zu lassen, wählen wir heute eher gesunde Werte um 6,8 V für die Bordspannung, die einerseits eine Voll-Ladung der Batterie garantieren und andererseits nicht die Zerstörung durch andauernde Gasung bewirken. Die Umsetzung dieses an sich vernünftigen Vorsatzes hat aber leider zur Folge, dass der einzuhaltende Spannungsbereich für eine stabil arbeitende Zündung bei alterungsbedingter Zunahme der Spannungsabfälle über Leitungen, an Kontakten und Sicherungen um das gleiche Maß verringert wird, wie wir die Bordspannung absenken. Kommen bei müder Batterie und hohen Spannungsabfällen im Bordnetz an der (15) der Zündspule nur noch 5,5 V oder weniger an, kann das bereits zu Zündaussetzern oder gar Motorabsterben führen.

Werfen wir zunächst einen Blick in die originale Elektrik (**Bild 1**).

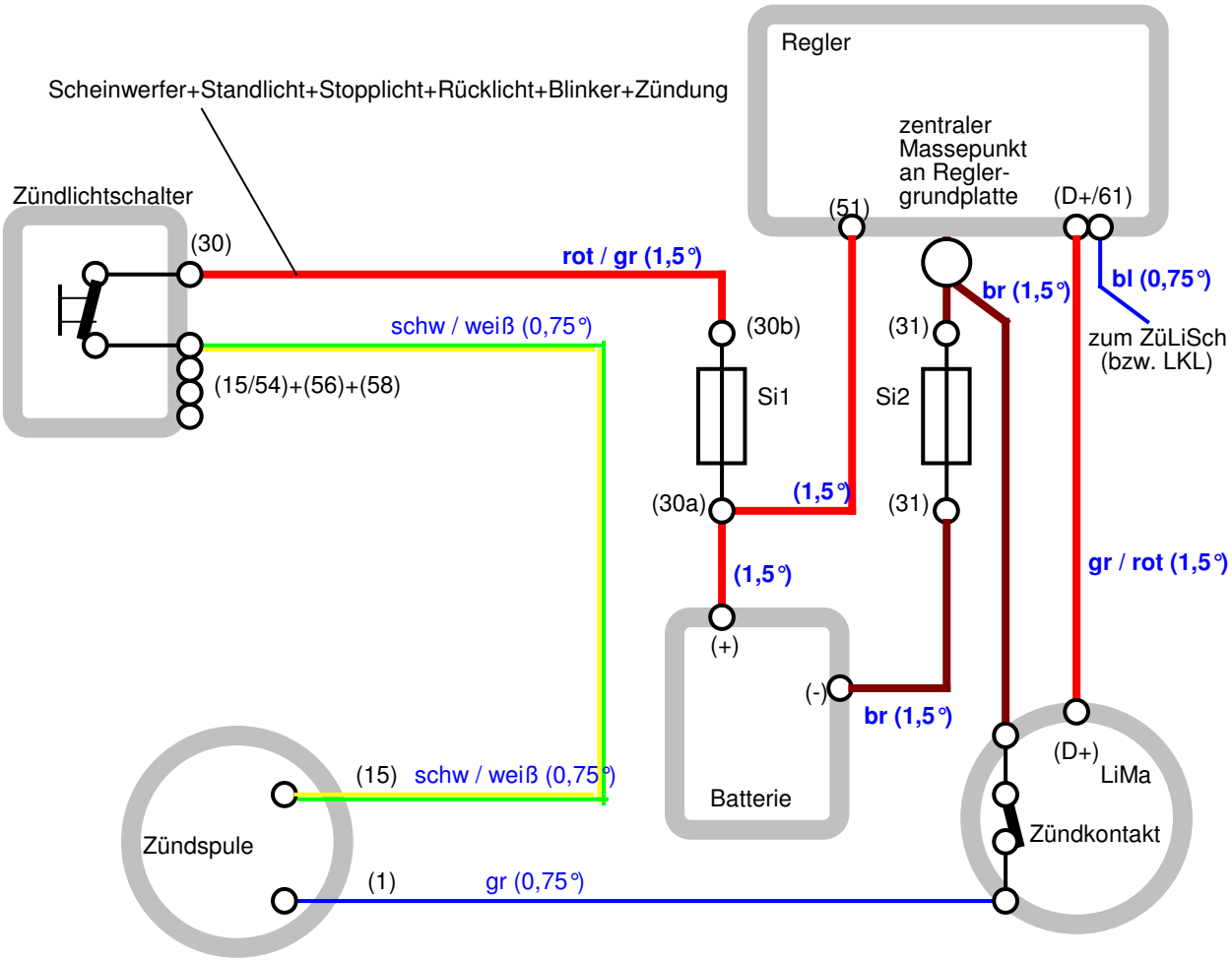

Bild 1: Vereinfacht dargestellter Zünd- und Batteriekreis am Beispiel der ES mit Plus- und Minusabsicherung. Blauer Text: Originale Kabelfarben und Leiterquerschnitt.

Herkömmliches Sicherungskonzept
Si1 brennt durch, wenn im Bordnetz ein Kurzschluss oder eine Überlastung durch Verbraucher auftritt. Für Si2, die erst später in der Serie vorgesehen wurde, trifft zunächst dasselbe zu, solange von der LiMa kein Strom geliefert wird und allein die Batterie die Verbraucher versorgen muss (z.B. bei Standgas). Die Ströme aus der (+) und (-)Klemme der Batterie sind dann identisch und bei gleicher A-Zahl entscheidet der Zufall, ob Si1 oder Si2 kommt.

Si2 bietet allerdings Schutz bei verpolt angeschlossener Batterie. Der Kurzschlussstrom nach Schließen des Rückstromkontaktes im Regler (bzw. durch die leitende Rückstromdiode in elektronischen Reglern) bei verpolt angeschlossener Batterie lässt die masseseitige Sicherung in jedem Fall durchbrennen, unabhängig davon, ob weitere Verbraucher wirksam sind oder nicht.

Weil der Laststrom bei Batteriebetrieb über beide Sicherungen fließt, sind sie als besonders neuralgische Punkte hinsichtlich unerwünschter Spannungsabfälle anzusehen. Hohe Übergangswiderstände an den Sicherungskontakten, Schraub- bzw. Steckverbindungen fallen daher besonders ins Gewicht. Eine Umrüstung von Torpedo- auf zuverlässigere Kfz-Flachsicherungen, die sich durch große und stabile Andruckkräfte und damit geringere Übergangswiderstände auszeichnen, ist in jedem Fall von Vorteil.

Kabelführung
Über das Kabel von Si1-(30) zum ZüLiSch-(30) fließt der gesamte Laststrom von Scheinwerfer (max. 45 W), Standlicht (2 W), Instrumentenbeleuchtung (2,4 W), Rücklicht (5 W), Zündung (24 W, 1:1-intermittierend) und im Bedarfsfall noch von Stopplicht (18 W), Blinker(18 W, 1:1-intermittierend) und Hupe (ca. 20 W). Das ergibt etwa 10 A Dauerstrom oder im ungünstigsten Fall bei Betätigung aller Zusatzverbraucher etwa 18 A Spitzenstrom. Bei der TS kann der Spitzenwert noch höher liegen, da die Blinkerlast 42 W beträgt.

Über dem reichlich 1 m langen Kabel zwischen den Klemmen (30) entsteht demnach bei vollem Strom ein Abfall von bis zu 0,32 V, wobei die Kabelstecker oder Verschraubungen noch nicht einmal berücksichtigt sind. Eine **Querschnittsvergrößerung von original 1,5□ auf z.B. 2 x 2,5□** drückt den Abfall auf unter 0,1 V.

Der Zündspulenstrom kommt vom Zündlichtschalter (15/54). Steckkontaktwiderstände am ZüLiSch können durch Nachbiegen gesenkt werden. Verschlissene Schalterkontakte jedoch würden den Austausch des gesamten Zündlichtschalters erforderlich machen. Leider liegen für den ZüLiSch bislang keine technischen Daten vor, erfahrungsgemäß sollte jedoch der Spannungsabfall zwischen Anschluss (30) und jeweils (15/54) oder (56) oder (58) kleiner als 0,1 V bei vollem Laststrom sein.

Von der (15/54) am ZüLiSch zur (15) an der Zündspule und weiter von deren (1) zum Zündkontakt in der LiMa liegen knapp 2m Kabel mit einem vorgesehenen Querschnitt von 0,75□. Bei geschlossenem Zündkontakt kann der Strom Werte bis zu 4 A annehmen. Das gibt über die Kabelverbindung 0,2 V Abfall. Eine **Querschnittserhöhung auf 2,5□□** senkt den Abfall unter 0,1 V.

Der Stromfluss vom Zündkontakt nach Masse erfolgt einmal über das Motorgehäuse und den Rahmen weiter zum Minuspol der Batterie, parallel dazu über die Masseleitung im Maschinenkabel. Eine Querschnittserhöhung von 1,5□ auf mindestens 2,5□ wird empfohlen. Auf sichere Kabelanschlüsse ist zu achten!

Leerlaufdrehzahl bedeutet volle Versorgung aus der Batterie, da die LiMa noch nicht genügend Spannung generiert. Die Batterieanschlusskabel zu den Sicherungen bzw. nach Masse sind so kurz, dass eine Querschnittsvergrößerung kaum spürbare elektrische Vorteile bringen wird.

Allerdings führt der Ersatz der 1,5□ durch 2,5□ Kabel durchaus zu einer mechanischen Verbesserung an den Batteriekontakten, die oft auch durch Säureeinwirkung über längere Zeit Schaden nehmen und wird deshalb empfohlen. Verschiedentlich wurde auch beobachtet, dass austretende Säure oder wässrige Salzlösung von den Batterieanschlüssen in die flexible Leitung eintritt und dort durch Kapillarwirkung weiter befördert wird. Gelötete und gut isolierte (Schrumpfschlauch) Kabelschuhe helfen, diesen Effekt zu vermeiden.

Neues Sicherungskonzept

Im **Bild 2** sind die Ergebnisse der oben dargestellten Last-Analyse und die daraus abgeleiteten Maßnahmen eingearbeitet. Zudem wurde die Massesicherung Si2 entfernt und der Minusanschluss der Batterie direkt auf kürzestem Wege zum zentralen Massepunkt am Regler geführt. Um aber den Schutzumfang beizubehalten, wurde die Si2 jetzt in die Leitung von D+ (LiMa) zu D+/61 (Regler) eingesetzt. Der Kurzschlussstrom bei Batterieverpolung fließt vom Regler (51 -> D+/61) zum niederohmigen Rotor (D+) und weiter nach Masse ab. In diesem Weg liegt aber Si2 und brennt durch, wenn der Fall eintritt.

Bemerkenswert ist, dass eine Zustandsverschlechterung von Si2 innerhalb normaler Grenzen jetzt **keinen** mindernden Einfluss mehr auf die Bordspannung hat, da sich die Sicherung im Spannungsregelkreis **vor** dem Regler befindet.

Ein Sicherheitsrisiko stellte bisher die 0,75□ –Leitung von (61) am Regler zum Zündlichtschalter (61) für die Ladekontrollleuchte dar. Der D+Anschluss des Generators wurde praktisch unabgesichert durch das gesamte Fahrzeug bis in die Lampe zur LKL geführt. Ein Masseschluss dieser Leitung in der Lampe hätte ihr augenblickliches Aufglühen und die Entflammung des Hauptkabelbaumes zur Folge. Glücklicherweise ist mir ein solcher Fall bislang nicht bekannt geworden. Im neuen Sicherungskonzept gewährt jetzt die **vor** dem Kabel liegende Si2 Schutz.

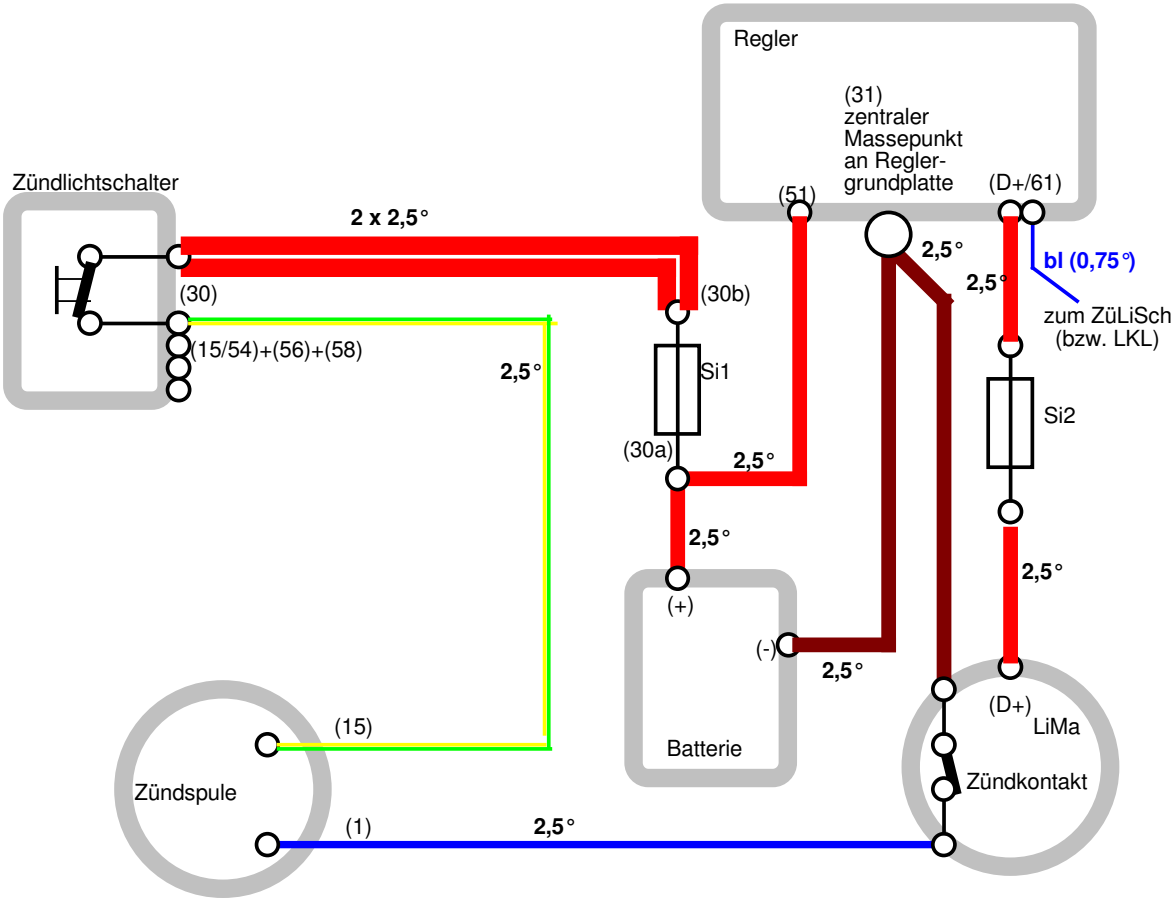

Bild 2: Optimierungsvorschlag für die Absicherung und Verkabelung in der ES bzw. TS

Um grob einzugrenzen, wie zuverlässig die Zündung im Fahrzeug arbeitet, könnte man folgenden Test durchführen:

- Zunächst wird die Spannung an der Zündspule (15) gegen Masse im ungünstigsten Fall bei Belastung durch (fast alle) Verbraucher und bei Leerlaufdrehzahl ermittelt. Diese Spannung wird mit großer Wahrscheinlichkeit im Betrieb nicht unterschritten werden, es sei denn, die Batteriespannung lässt nach.
- Dann wird die Zündspule an Klemme (15) an ein externes, regelbares Stromversorgungsgerät (0 – 7 V, max. 3 A) angeschlossen. Die Spannung wird nun langsam verringert, bis der Motorlauf unrund wird und erste Zündaussetzer festgestellt werden. Diese Spannungsgrenze markiert das absolute Minimum für die Bordspannung an der (15). Eine Messung an einer Test-ES ergab mit kalter Zündspule eine minimale Spannung von 3,2 V, bei der der Motor noch einwandfrei lief. Der Test sollte jedoch bei gut erwärmter Zündspule durchgeführt werden, da die Bedingungen dann besser dem realen Betrieb entsprechen und dieser Fall in der Regel für die Funktion der Zündspule der kritischere ist.

Praktische Umsetzung

Als Sicherungshalter stehen sowohl Mehrfach-Dosen als auch anreihbare Sicherungsträger (**Bild 3**) zur Verfügung. Die Entscheidung fiel auf den Hella-Typ 8KV 004 418-821, den es im preiswerten Doppelpack z.B. bei Stahlgruber gibt.

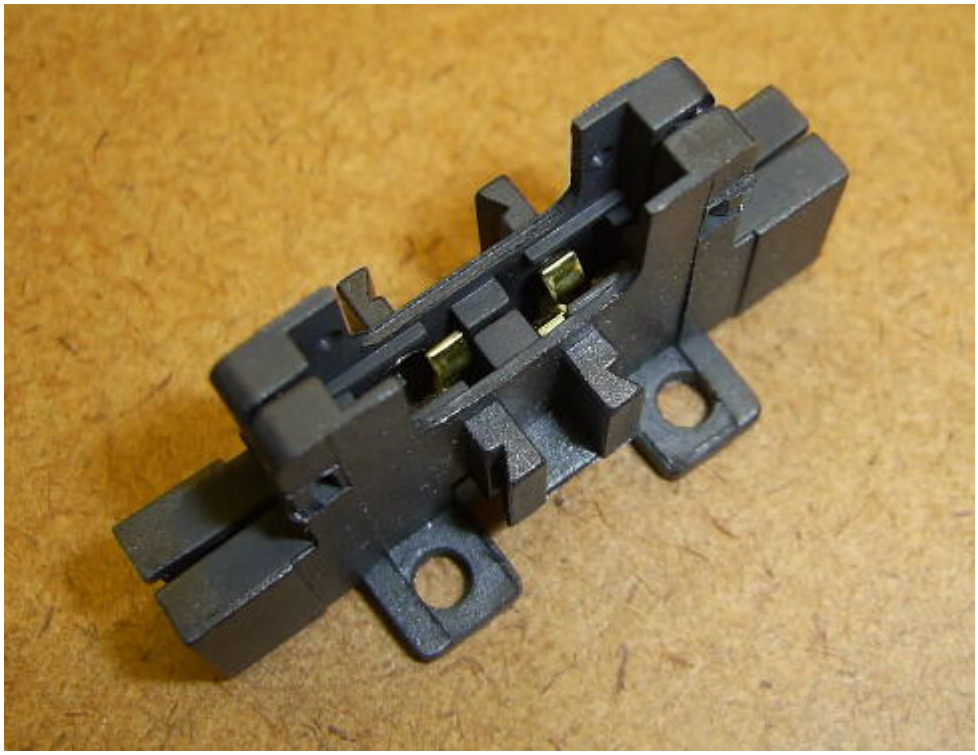

Bild 3: Anreihbarer Flachsicherungsträger

Die quasi innen liegende Verschraubung ist platzsparend. Da der Träger unter dem Seitendeckel montiert wird, ist eine nicht vorhandene Abdeckung kein Hindernis.

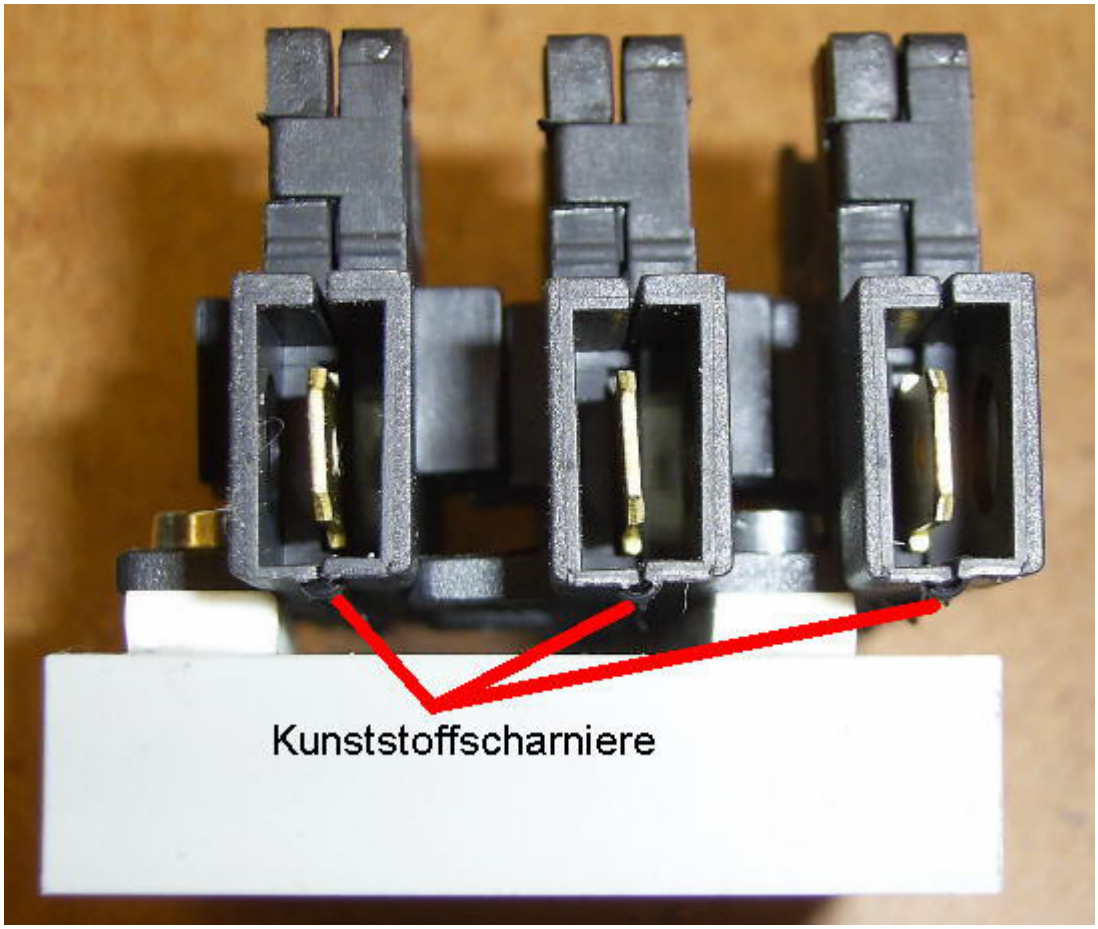

Bild 4: 3fach-Träger auf PVC-Montageklotz und Vergleich mit herkömmlichem Träger

Allerdings haben die Entwickler nicht genau hingesehen, als sie die Befestigungslaschen bemaßten. Am Trägerboden tragen kleine Kunststoffscharniere etwa 1mm auf, so dass der Träger immer schief gezogen wird, wenn er flächig aufgeschraubt ist. Wohl oder übel muss man einen Abstandshalter vorsehen. Das ginge natürlich auch mit zwischen gelegten U-Scheiben auszubügeln, wäre aber eine gewaltige Fummelei bei der Montage. **Bild 4** zeigt den PVC-Klotz, der mit M5-Senkschrauben (es gibt auch die M4-Variante bei der ES) befestigt wird. Darauf sitzt dann „hohl“ montiert der 3er Sicherungspack (Si1 + Si2 + Reserve) mit M3-Schrauben befestigt. Der 3er-Pack ist kaum größer, als der originale Doppelsicherungsträger (**Bild 5**).

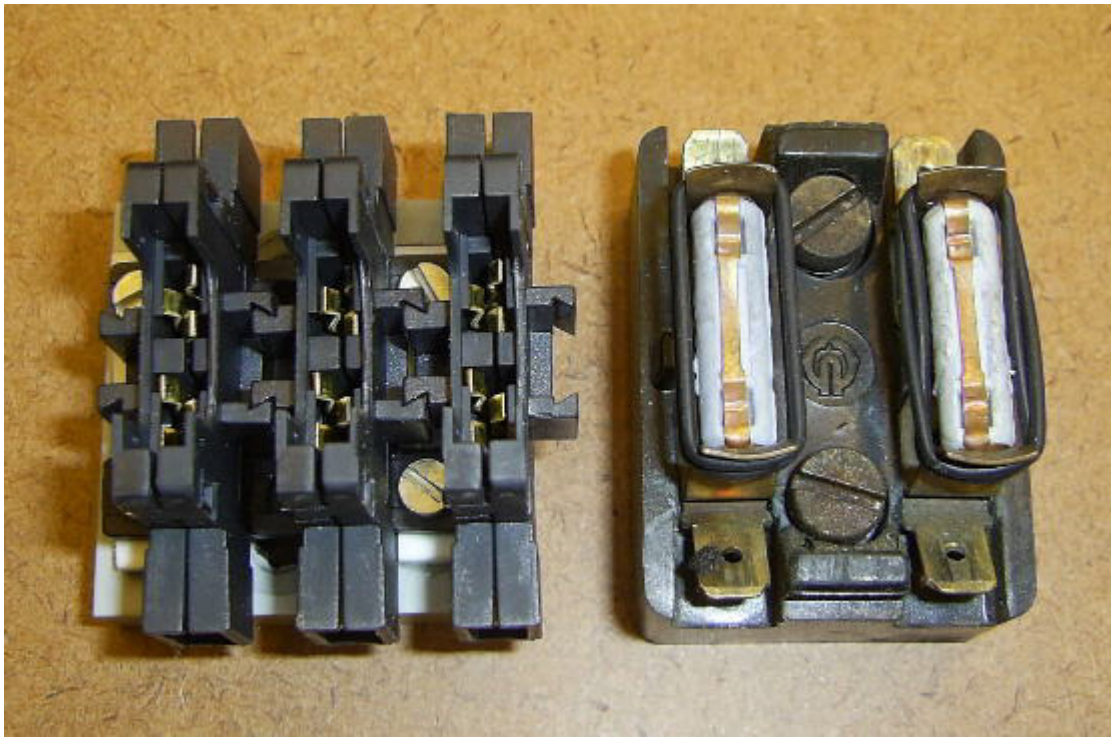

Bild 5: Vergleich mit herkömmlichem Träger

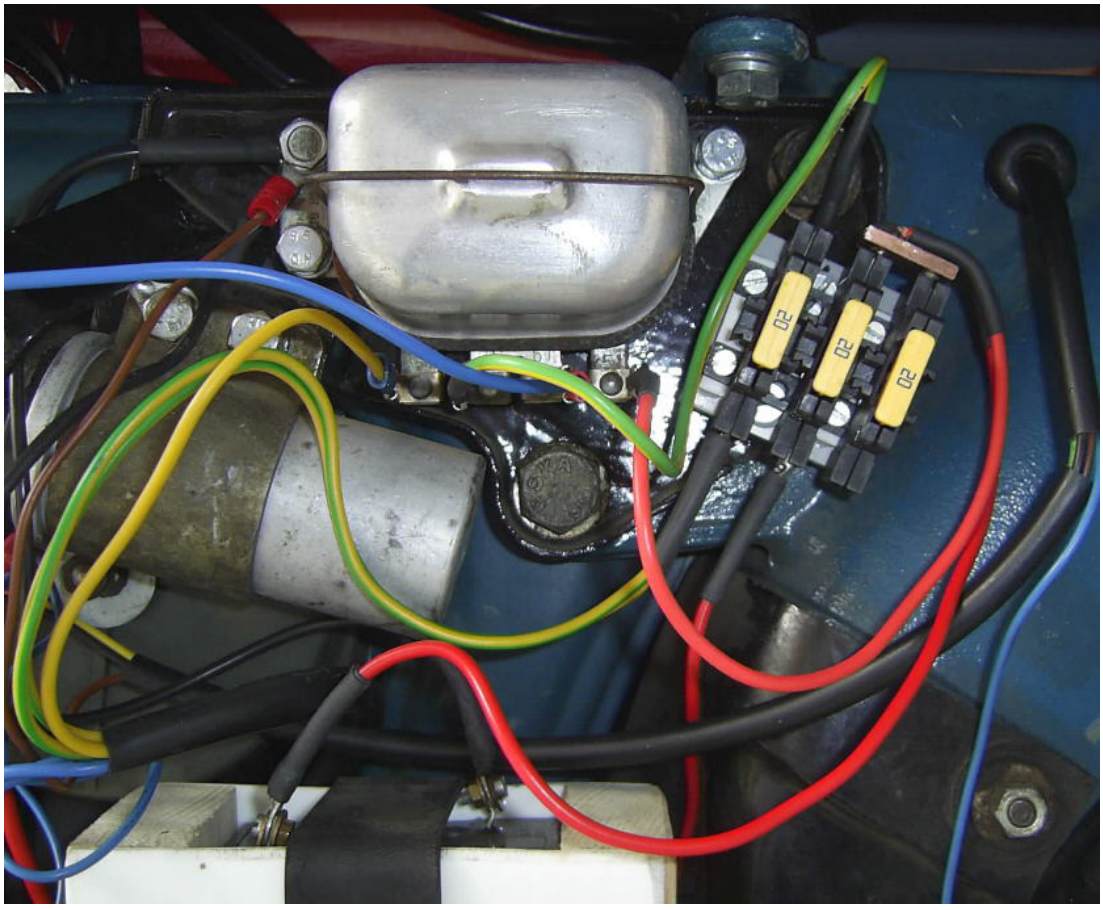

Bild 6: Verkabelung mit erhöhten Querschnitten und Flachsicherungsträger

Den fertigen Umbau zeigt **Bild 6**. Gegenüber dem vorherigen Zustand konnte eine Spannungsstabilität von etwa 0,1 V an den Batterieklemmen zwischen Leer- und Volllast erzielt werden, was eine deutliche Verbesserung darstellt.

Bessere Masseverbindung an der LiMa herstellen

Die elektrische Qualität der Masseverbindung von der Minus-Kohle zum Motorgehäuse und weiter über den Rahmen (Verschraubung von lackierten Teilen!) zum zentralen Massepunkt am Regler wird oft überschätzt. Insofern ist der Masseleitung im Maschinenkabel, die eine parallele aber direkte Verbindung herstellt, besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Zum einen sind sowohl die bereits oben vorgeschlagene Querschnittserhöhung auf mindestens 2,5□ sowie auch eine sichere Massesteckverbindung in der LiMa erforderlich. Besser noch, man ersetzt die Massesteckverbindung in der LiMa durch eine Schraubverbindung (Kabelringöse mit eingelötetem Kabel, s. **Bild 7**). Vom M3-Anschlusspunkt der Minuskohle kann zusätzlich ein kurzes Kabel zur Befestigungsschelle des Zündkondensators geführt werden, um eine sichere Verbindung zum Motorgehäuse herzustellen.

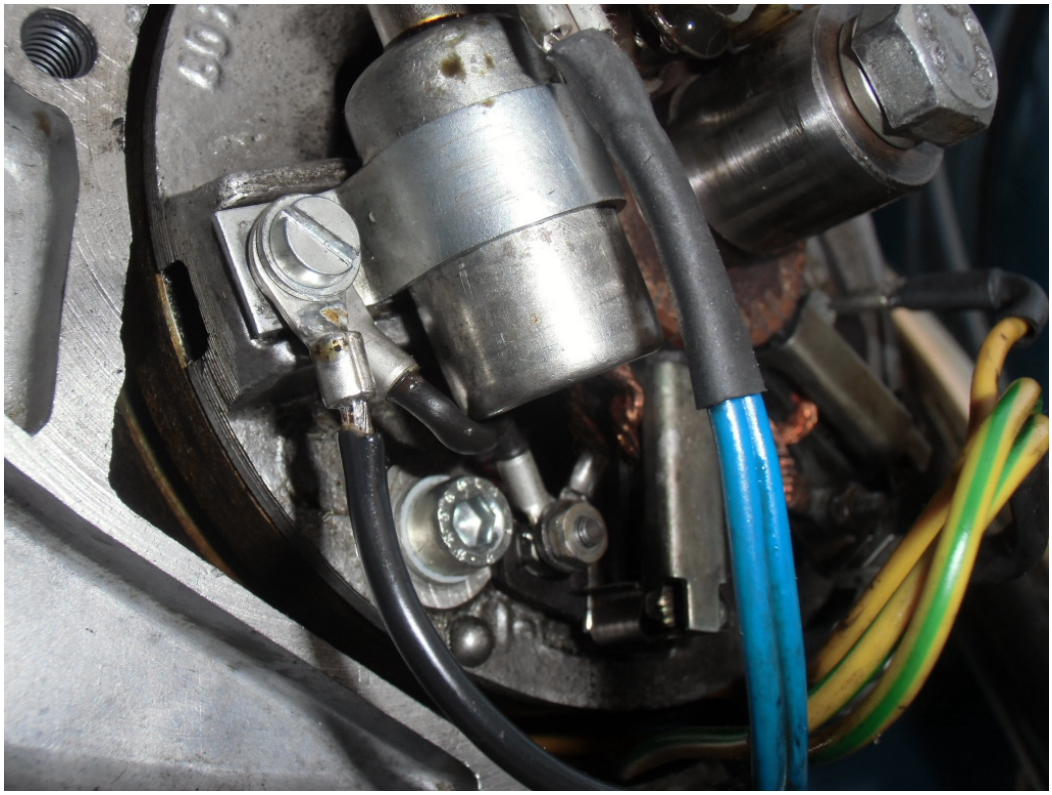

Bild 7: Ersatz der Massesteckverbindung in der LiMa durch geschraubte Verbindung an der Befestigungsschelle des Zündkondensators anstatt Steckverbindung

Dämpfung von Störimpulsen im Bordnetz

Störimpulse im Bordnetz entstehen oft durch verschlissene Kollektorlamellen (Verzunderung) oder durch Aussendung von Impulsen an der Verbindungsleitung von Zündspule (15) zum Zündlichtschalter 15/54. Mitunter können dadurch elektronische Komponenten, wie z.B. elektronische Blinkgeber oder andere elektronische Zusatzgeräte davon beeinflusst werden.

Das erste Problem lässt sich leicht durch Überschleifen (Sandpapier) oder Überdrehen des Kollektors auf dem Rotor lösen. Eine wirksame Dämpfung der Störungen an der (15) der Zündspule erreicht man durch Anschluss eines 2,5µF-Entstörkondensators (Bauform ähnlich dem Zündkondensator). Dieser kann z.B. bei der ES an einem Gewindestab an der Zündspulenschelle befestigt werden. Gleichzeitig bietet sich damit die Möglichkeit, den zentralen Massepunkt von der Reglerverschraubung dorthin zu verlegen (**Bild 8 und 9**).

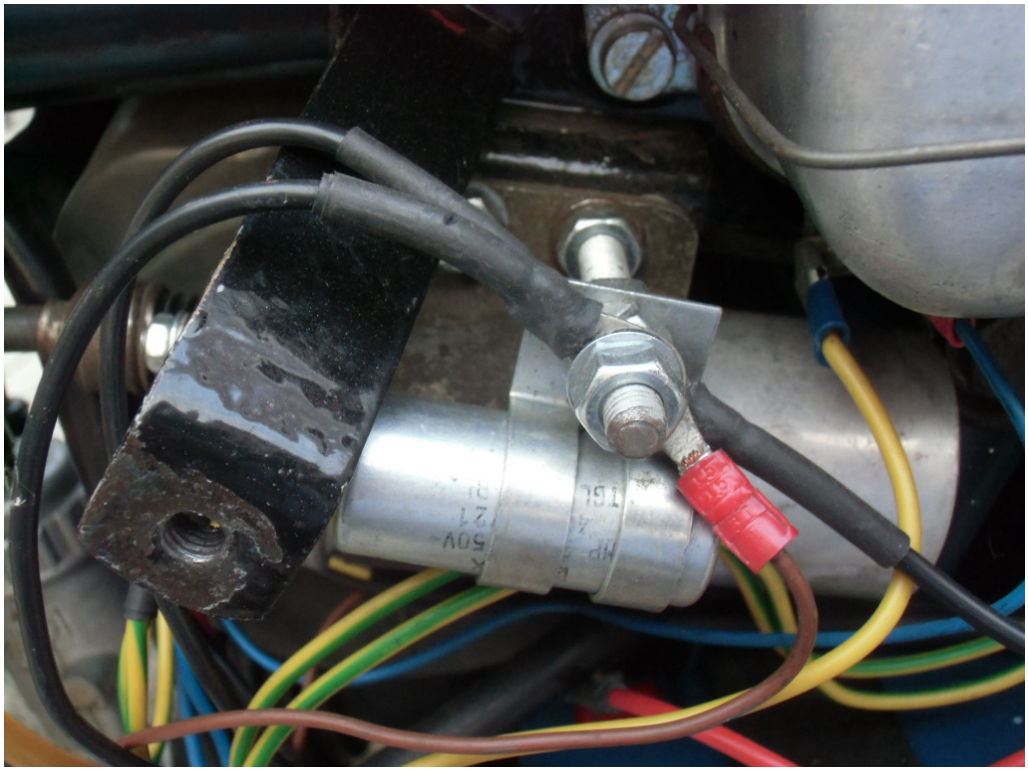

Bild 8: Befestigung eines zusätzlichen Entstörkondensators an der Zündspule der ES.

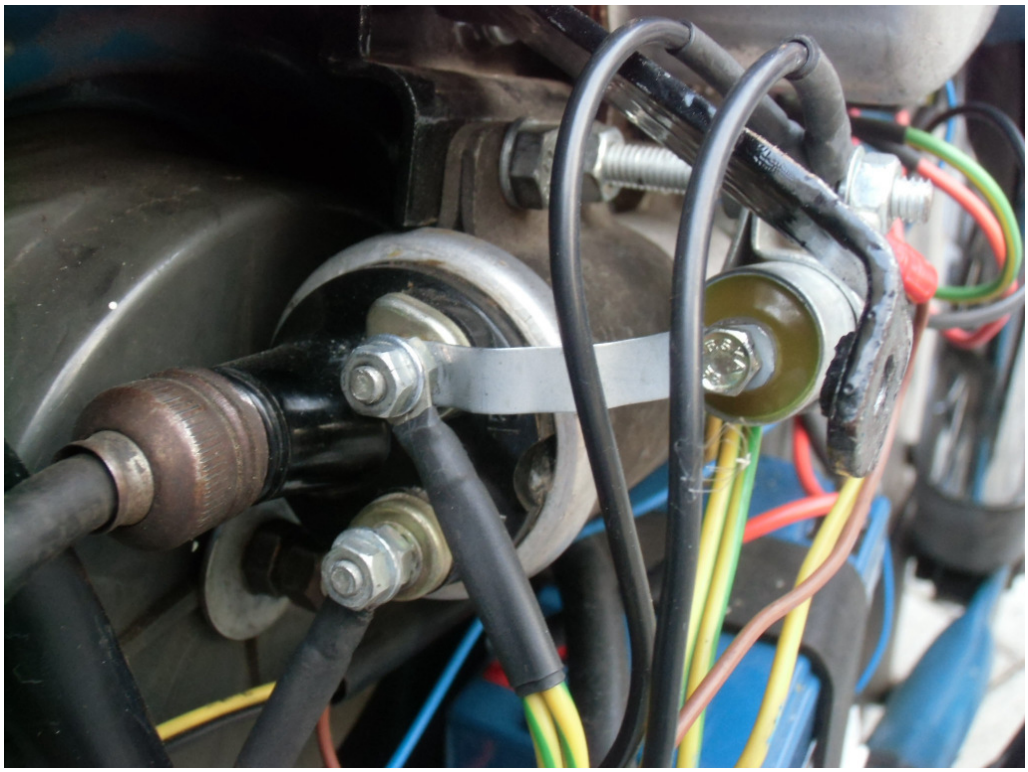

Bild 9: Kurze Verbindung des Entstörkondensators über Kabel- oder Blechstreifen mit Klemme (15) an der Zündspule

09.2015
Lothar