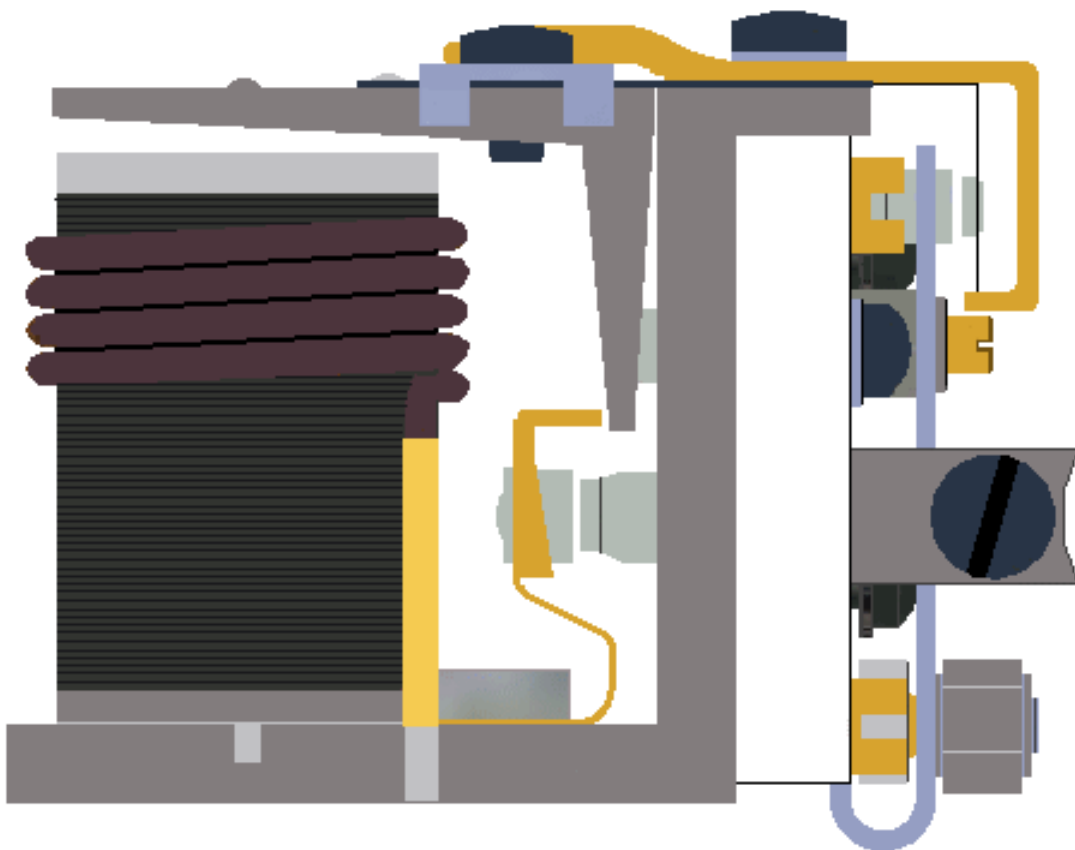


Regler – Special SE

Arbeitshilfe für die Noris/Bosch F-Regler
der Zündapp-Bella-Roller

Special Edition für das Zündapp-Bella-Forum
www.zuendapp-bella.com

von Elektrolurchi



Regler – Special SE
Arbeitshilfe für die Noris/Bosch F-Regler der Zündapp-Bella-Roller
Special Edition für das Zündapp-Bella-Forum
www.zuendapp-bella.com

von Elektrolurchi



Mein Freund, der Regler
Elektrolurchis abenteuerliche Reise durch den F-Regler

Inhalt:

- 1. Check In**
- 2. Abflug – Regleraufgaben und -bauformen in den Bellas**
- 3. Fasten Seatbelts – Festhalten, wir starten zur Bestandsaufnahme**
- 4. Über den Wolken – Klare Sicht erleichtert den Durchblick**
 - 4.1 Fastfood in der Economy Class – Prinzip der Stromgenerierung**
 - 4.2 Komplettmenü für die Business Class – Stromproduktion der Bella-Gleichstrom-Lichtmaschinen**
- 5. Bordkino – Let's talk about Schaltzustände**
- 6. Late Night Show – Spannende Unterhaltung**
- 7. Turbulenzen und Sturzflug – Crash Management im Katastrophenfall**
- 8. Banger Blick auf die Bordmonitore – Reichs noch ?**
- 9. Landeanflug mit Sicht und Instrumenten – Vom Messen und Einstellen**
- 10. Alternative Reiseziele – Über elektronische Regler und Eigenbauten**
- 11. Check Out**

Gestatten ?! Hier spricht wieder der Elektrolurch.
Volt, Watt Ampere, Ohm – kennen wir schon.

Da liegt er nun vor mir, mein hinterlistiger Freund, der Regler. Ganz unschuldig sieht er aus, so ohne schützende Verkleidung, eigentlich noch ganz sauber, nichts angekokelt und auf den ersten Blick voll funktionsfähig. Und doch hat mir dieses elektromechanische Feinwerk 6 km Fußweg quer durch die hannoversche Citynacht eingebracht, zusammen mit meiner neuen Geliebten, der Esmeralda (R201, Bj 1955), und das ausgerechnet auch noch während unserer Jungfernfahrt. Die Schöne war mir auf der nächtlichen Heimfahrt ohne Vorankündigung einfach verreckt und verweigerte fortan die Zusammenarbeit. Ihr einziger Kommentar: eine schwachrot glimmende Funzel im Cockpit. Als Störenfried entlarvte ich später den Regler. Der konnte auch gar nicht richtig regeln, weil Esmeraldas Vorbesitzer ihm den direkten Zugang zur Feldwicklung einfach gekappt hatten (vermutlich hatte er vorher schon falsch geregelt). Deshalb musste Esmeralda mit ganz schmaler Stromkost auskommen, da der Erregerstrom permanent durch den Regelwiderstand floß. Somit konnte der Generator auch kaum richtig Strom produzieren und die Batterien wurden ständig leergesaugt. Ist doch logisch, oder ???

KEINE PANIK ! Wem das jetzt zu schnell ging, den lade ich ein, mich Schritt für Schritt auf meine Reise durch die Blackbox zu begleiten und zu erfahren, was dort drinnen eigentlich passiert. Am Ziel erwartet Dich ein transparenter Regler, unterwegs kannst Du vielleicht ein wenig know how einsammeln und zu alternativen Reisezielen (elektronische Regler) schreibe ich auch noch etwas.

Für dieses Regler-Special habe ich ungezählte Quellen recherchiert und geprüft, noch mehr Zeit mit Basteln und Messen verbracht und meine Erkenntnisse nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Wenn mir doch der eine oder andere Fehler unterlaufen ist, so bitte ich um Nachsicht: ich bin kein Kfz-Elektrik-Fachmann, sondern nur ein elektrotechnischer Auto-didakt und bekennender Bella-Schrauber.

2. Abflug – Regleraufgaben und -bauformen in den Bellas

Der Regler sitzt schaltungstechnisch zwischen Lichtmaschine und Batterien bzw. Verbrauchern, wo er einerseits die Lichtmaschine im laufenden Betrieb an- und abkoppelt und andererseits die generierte Lichtmaschinenspannung reguliert. Wäre er nicht da, würden die Batterien im Stillstand oder bei niedrigen Drehzahlen ruckzuck über die Lichtmaschine entladen. Mit steigenden Drehzahlen würde die Lichtmaschine eine immer höhere Gleichspannung erzeugen (bis weit über 60 V), die schließlich die Batterien und Verbraucher zerstören würde. Außerdem sorgt der Regler dafür, daß die Lichtmaschine bei Überlast durch hohe Stromentnahme nicht verschmort – sie wird vorher quasi abgeschaltet. Eine solche Situation würde zB. eintreten, wenn gleichzeitig die leeren Batterien geladen und mit voller Beleuchtung mit niedriger Drehzahl gefahren wird.

In allen Bellas ist der gleiche Reglertyp verbaut, nämlich der F-Regler von Noris bzw. Bosch. Bei den Kickstarter-Modellen ist die 6V-Version direkt in die Lichtmaschine integriert, wo der Regler starken Vibrationen, Hitze und Staub/Ölnebel ungeschützt ausgesetzt ist (daher auch die vielen Reglerausfälle). Auf dem Magnetwinkel ist zB. die Noris-Typnummer 6/60/2B eingestanz; sie weist den Regler als 6 Volt-Version mit einer Nennbelastbarkeit von 60 Watt aus. Aufgrund der internen Verkabelung führen nur die Reglerkontakte 61 (zur Ladekontrolle) und 51 (Bordnetz-Plus) aus der Lichtmaschine heraus. Die Dynastarter-Modelle sind mit der 12V-Version in einem schützenden externen Gehäuse ausgestattet. Diese Version ist zB. mit der Noris-Typnummer 12/90/2B gekennzeichnet (12 Volt, 90 Watt Nennbelastbarkeit); ansonsten sieht das Teil – abgesehen vom Gehäuse und der Grundplatte – genauso aus wie das 6V-Teil. Hier führen aus der Lichtmaschine die Lichtmaschinenkontakte 61 (Dynamo-Plus/Pluskohlen) und F (Feldwicklung/Regelwiderstand) zum Regler. Der Regler ist dann seinerseits über Kontakt 61 mit der Ladekontrolle und Kontakt 51 mit Bordnetz-Plus (Batterie und Verbraucher) verbunden. Die späten Dynastarter-Modelle besitzen ebenfalls eine externe 12V-Variante, diesmal aber mit zusätzlich integriertem Anlasser-Relais und meistens wohl auch mit dem Regelwiderstand direkt unter dem Reglergehäuse (dann zB. mit der Bosch-Bezeichnung RS/ZD60R..90/12/A8).

Je nach Rollermodell und Baujahr wurden also F-Regler mit unterschiedlichen elektrischen Werten verbaut: 6V- oder 12V-Versionen mit 60, 90 und 130 Watt, mal von Noris, mal von Bosch. Allen gemein ist ihre Charakteristik: es handelt sich um Zweikontakt-Einfeldregler mit nachgiebiger Spannungsregelung. „Zweikontakt“ bedeutet, daß der Spannungsregler (auch „Reglerschalter“ genannt) zwei Kontaktpaare hat; das Kontaktpaar des Rückstromschalters ist damit nicht gemeint. „Einfeldregler“ heisst, daß für Spannungsregelung, Strombegrenzung und Rückstromschalter ein gemeinsames Magnetfeld genutzt wird, das von einem Spulenpaket aufgebaut wird. „Nachgiebige Spannungsregelung“ beschreibt, wie der Regler Spannung und Stromfluß reguliert: mit steigendem Strom (A) sinkt die Spannung (V) und umgekehrt; die Lichtmaschine gibt also keine konstante Spannung ab. Im Gegensatz zum „Knickregler“ ergibt sich hier eine geneigte Kennlinie für das Verhältnis Strom zu Spannung.

Da der Regler, präzise formuliert dessen Zweikontakt-Spannungsregler (und nicht etwa der Rückstromschalter des Reglers), schaltungstechnisch zwischen der „Minus-Seite“ der Lichtmaschinen-Feldwicklungen (auch: Erregerwicklungen) und Masse liegt, haben alle Bellas eine sogenannte **minus-geregelte Lichtmaschine** mit den Feldwicklungen an Plus. Dabei geht das eine Ende der Feldwicklungen direkt an die Plus-Kohlen der Lichtmaschine; das andere Ende führt zum Spannungsregler (Anschluß F). Dort ist auch der Regelwiderstand angelötet. Dies zu wissen ist wichtig, wenn man einen elektronischen Regler kaufen oder einen der diversen Selbstbauten nachbauen will.

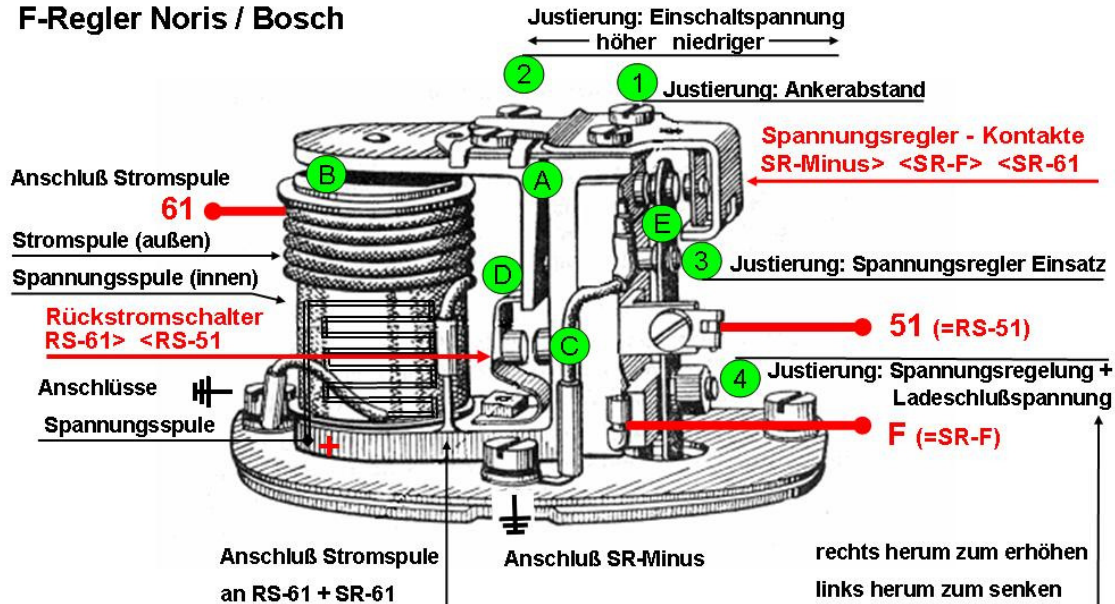
3. Fasten Seatbelts – Festhalten, wir starten zur Bestandsaufnahme

Ich habe das Teil (Noris 12/90/2B) immer noch vor mir liegen, nackt und unschuldig. Auf der Grundplatte mit ihren **Anschlüssen 61, 51, F und Minus** (= Verschraubung mit der Fahrzeugmasse) liegt die nichtleitende braune Pertinax-Platte, auf der wiederum der **Magnetwinkel** mit allen anderen Reglerbauteilen verschraubt ist. Links liegt das Spulenpaket, bestehend aus der äußeren, dicken **Stromspule** mit wenigen Windungen und der inneren **Spannungsspule** mit vielen Windungen aus dünnem Draht. Die Stromspule „beginnt“ am Anschluß 61 und „endet“ eingelötet auf dem Magnetwinkel; sie hat ca. 0 Ohm Widerstand. Die Spannungsspule „beginnt“ hinter der Stromspule auf dem Magnetwinkel, „endet“ aber unten an Masse; sie hat im 6V-Regler ca. 13 Ohm und im 12V-Regler ca. 50 Ohm. Direkt rechts neben dem Spulenpaket sitzt das Kontaktpaar (RS-61, RS-51) des berühmt-berüchtigten **Rückstromschalters**, der für das An- und Abkoppeln der Lichtmaschine an das Bordnetz zuständig ist. Er wird geschlossen und geöffnet durch den darüberliegenden **Anker** und verbindet bzw. trennt die Kontakte 61 und 51. Der Anker wird je nach Stärke des induzierten Magnetfelds der Spulen mehr oder weniger angezogen. Verringert sich die Spannung in der Spannungsspule, wird das Magnetfeld schwächer und der Anker hebt wieder ab. Auf dem Anker sitzt ein schwarzes Flachfederelement mit Schiebeteil, das der Magnetkraft entgegen wirkt. Mit dem Schiebeteil (2) kann die **Einschaltspannung** des Rückstromschalters eingestellt werden. Oben, gleich rechts neben dem Federelement ist noch die Messingbrücke mit einem Kontakt (SR-61) des Spannungsreglers montiert. Mit den beiden Schrauben (1) wird der Ankerabstand vom Magnetwinkel fixiert. Rechts vom Magnetwinkel sitzt eine Keramikplatte; sie soll den „heissen“ linken Teil des Reglers von der „kalten“ rechten Reglerseite trennen. Dort sitzt nämlich der wärmeempfindliche eigentliche **Spannungsregler**, bestehend aus den beiden Kontaktpaaren SR-Minus/SR-F und SR-F/SR-61 sowie den beiden Justierschrauben für die Spannungsregelung. Mit der oberen Minischraube in der Flachfeder (3) wird festgelegt, ab welchem Punkt (Spannung) sich SR-F von SR-Minus abhebt. Der Kopf dieser Schraube stützt sich dabei gegen einen Hubzapfen im Anker. Die untere Justiermutter (4) wirkt ebenfalls auf die Kontaktfeder SR-F und bestimmt den Kontaktpunkt zwischen SR-F und SR-61. Damit wird primär die **Ladeendspannung** festgelegt, aber auch die gesamte Spannungsregelung, die sogenannte **Spannungskennlinie** wird damit beeinflußt. Der Kabelanschluß rechts oben geht an Masse, darunter liegt 51, unten ist F.

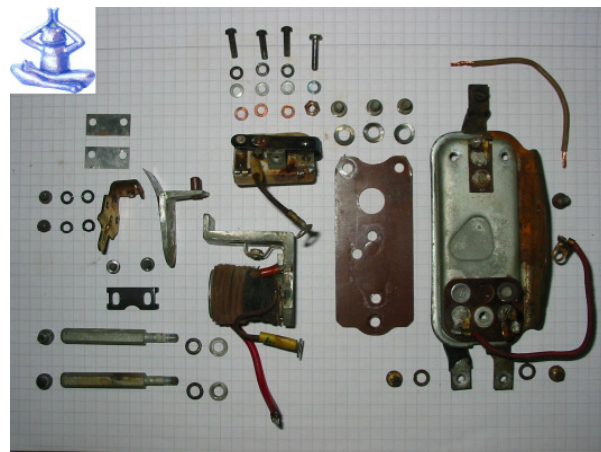
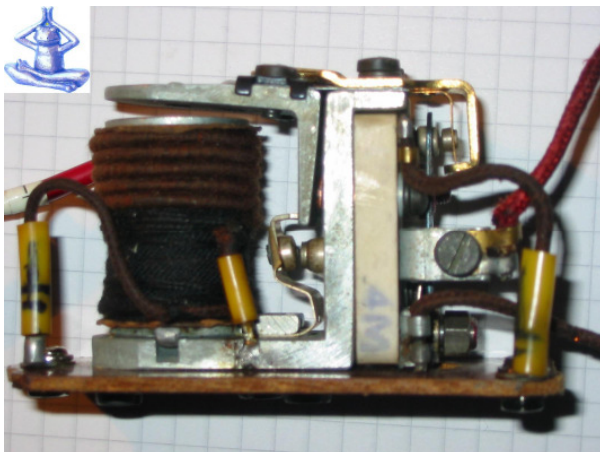
Ein wesentliches Element der Spannungsregelung ist meistens gar nicht im Regler selbst verbaut: der **Regelwiderstand**. Bei den Kickstarter-Bellas ist er gar nicht sichtbar; er ist in eine der Feldwicklungen integriert und nur ein zweites Kabel am Kontakt F zeugt von seiner Existenz. Dort kann dann auch der Regelwiderstand von ca. 5,8 Ohm gemessen werden. Die Dynastarter haben den Regelwiderstand von ca. 9 Ohm schön zugänglich auf der Grundplatte sitzen. Allen Modellen wiederum gemein ist die Schaltung des Regelwiderstandes: er sitzt immer zwischen dem „kalten“ Ende der Feldwicklungen und Masse. Aufgabe des Regelwiderstandes ist die

Reduzierung des Erregerstroms, der durch die Feldwicklungen fließt. Der Regelwiderstand wird mit dem Spannungsregler, Kontaktpaar SR-Minus und SR-F, in den Erregerstromkreis eingebunden (Kontakte geöffnet) bzw. kurzgeschlossen (Kontakte geschlossen).

F-Regler Noris / Bosch



Sollmaße: (A)=0,3-0,5mm (B)=2,5-3,0mm (C)=0,3-0,4mm (D)=0,1-0,2mm (E)=ca 0,2mm
Sollwerte: Einschaltspannung Rückstromschalter (2) = bei ca 13V (6,5V)
Spannungsregler Einsatz (3) = bei ca 13,8V (6,9V)
Spannungsregler Ladeschlußspannung (4) = max. 14,4V (7,2V)



4. Über den Wolken – Klare Sicht erleichtert den Durchblick

Wenn die Ladekontrolle nicht ausgehen will oder bei höheren Drehzahlen plötzlich wieder da ist, wenn die Batterien immer wieder leer sind oder wenn es dort blubbert, wenns nach Schwefel riecht und die Glühlampen durchbrennen, wenn der Lichtmaschinen-Anker schon schwarzblau angelaufen ist oder die Lötungen der Ankerwicklungen gar ausgeschmolzen sind, ja dann wirds Zeit, Hand an den Regler zu legen. Einfach mal ein wenig nachstellen geht meistens in die Hose, wenn man nicht weis, worauf es ankommt. Um die Funktionsweise und Schaltzustände des Reglers nachvollziehen zu können, ist ein wenig Wissen über die Stromproduktion der Gleichstrom-Lichtmaschine ganz sinnvoll, und deshalb kommt hier erstmal

4.1 Fastfood in der Economy Class – Prinzip der Stromgenerierung

Die Kickstarter-Lichtmaschine funktioniert im Prinzip wie ein Fahrrad-Dynamo oder ein umgekehrt arbeitender Elektromotor. Im erstgenannten induziert allerdings ein rotierender Permanentmagnet in der umliegenden Ständerwicklung eine (Wechsel-)Spannung. Je kräftiger in die Pedale getreten wird, um so höher wird die Spannung. Beim Elektromotor funktioniert andersherum: legt man einen Strom an den (feststehenden) Stator, induziert dieser ein Magnetfeld, der Strom wird über Kohlebürsten und Kollektor in den drehbaren Rotor (Anker) geleitet und dieser dreht sich dann mehr oder weniger schnell. Umgekehrt gehts aber auch: wird der Rotor mit fremder Kraft angetrieben, kann an den Stromanschlüssen des Stators ein Strom entnommen werden. Der Dynastarter ist diesbezüglich ein Zwitter: als Anlasser läuft er wie ein normaler Elektromotor, als Lichtmaschine funktioniert er wie ein umgekehrt arbeitender Elektromotor. Voila, fertig sind Kickstarter-Lichtmaschine und Dynastarter – oder solls doch etwas mehr sein ? Dann gibts jetzt das

4.2 Komplettmenü für die Business Class – Stromproduktion der Bella-Gleichstrom-Lichtmaschinen

Im Lichtmaschinengehäuse fest montiert sind die in Reihe geschalteten vier Feldwicklungen, auch Erregerwicklungen genannt, weil durch sie ein Erregerstrom fließt. Dieser induziert ein Magnetfeld; deshalb sind die Kerne dieser Wicklungen auch magnetisch. Der rotierende Anker und dieses Magnetfeld wiederum induzieren in den Ankerwicklungen einen Strom, der über den Kollektor und die Kohlebürsten abgenommen und an den Regler bzw. in das Bordnetz abgegeben wird. (Details zu den Dynastartern gab es im Rundbrief Nr. 93/94, weitere Lichtmaschinen-Details in den Online-eSchaltplänen).

Die Höhe der so generierten Lichtmaschinenspannung ist direkt abhängig von der Umdrehungsgeschwindigkeit des Ankers (Motordrehzahl) und von der Spannung des Erregerstroms: eine höhere Drehzahl oder ein höherer Erregerstrom setzt auch die generierte Lichtmaschinenspannung herauf, und umgekehrt. Da eine Spannungsregelung via Drehzahl wenig praxistauglich wäre, wird bei den „spannungsgeregelten Gleichstrom-Lichtmaschinen“

einfach der Erregerstrom in den Feldwicklungen variiert. Mal fließt die volle, unregelmäßige Bordspannung, mal reduziert der temporär zugeschaltete Regelwiderstand die Spannung in den Feldwicklungen und schließlich werden die Feldspulen komplett kurzgeschlossen, so daß gar kein Erregerstrom fließt und die Lichtmaschine trotz rotierendem Anker keinen Strom mehr produziert. Dieses Spiel regelt der Spannungsregler.

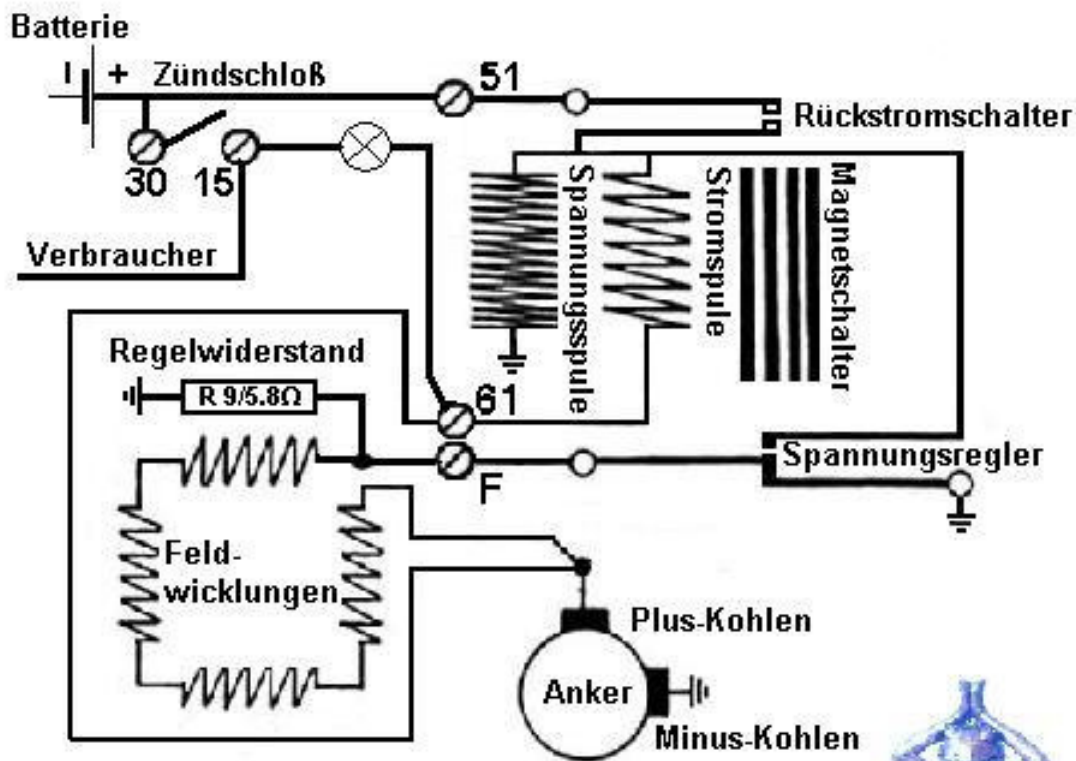
Die Leitungen 51 (30/51) und 61 verbinden die Lichtmaschine mit den Pluspolen der Batterien bzw. mit Bordnetz-Plus: 61 führt direkt zu den Plusknoten, an denen auch die Feldwicklungen angeschlossen sind. Zwischen 51 und 61 sitzt der Rückstromschalter des Reglers. Ist dieser geschlossen, fließt bei niedrig drehendem Motor und höherer Batteriespannung Strom von den Batterien in die Lichtmaschine und die Batterien werden dabei gleich mit mehreren Ampere entladen. Das nennt man dann Rückstrom und den kann man hören: einfach mal kurz 51 und 61 am Regler kurzschließen oder den Regler-Anker hinunter drücken, dann ruckt die Lichtmaschine an (aber bitte nur ganz kurz und mit gebotener Vorsicht: da fließen einige Ampere). Erst wenn der Motor schneller dreht, generiert die Lichtmaschine eine höhere Spannung als die Batteriespannung und der Strom fließt durch den geschlossenen Rückstromschalter Richtung Batterien bzw. Bordnetz. Der Schaltpunkt für den Rückstromschalter ist als Einschaltspannung definiert. Leider ist der Einschaltspannungspunkt nicht identisch mit dem Ausschaltspannungspunkt des Rückstromschalters; der liegt bei einer niedrigeren Spannung (dieser Umstand wird bei Magnetsaltern/Relais auch „Hysterese“ genannt). Dadurch bleibt der Schalter auch dann noch eine Weile geschlossen, wenn die Lichtmaschinenspannung schon längst wieder gesunken ist, zB. durch abfallende Motordrehzahl. Fällt die Spannung dabei unter die Batteriespannung, fließt der beschriebene Rückstrom und auch die Verbraucher zehren von der Batteriekapazität. Die Spannungsspule wird in diesem Moment von den Batterien versorgt, sodaß sich die Batterien den Rückstromschalter selbst geschlossen halten, bis ihre Spannung unter den Ausschaltspannungspunkt gesunken ist. Der ganze Vorgang geht zulasten der vorhandenen Batteriekapazität, die insbesondere die Dynastartermodelle mit ihrem großen Appetit beim Anlassen benötigen. Es gilt also den Einschaltspannungspunkt so zu wählen, daß die Lichtmaschine möglichst früh „ans Netz“ geht und dabei lädt, andererseits schnell wieder abgekoppelt wird, sobald ein Rückstrom fließt.

Und nun kommt die Stromspule des Reglers mit ins Spiel, diese paar dicken Windungen über der Spannungsspule. Durch sie fließt bei geschlossenem Rückstromschalter der gesamte Generatorstrom zur Batterie und den Verbrauchern ... und umgekehrt auch der Rückstrom in den Generator. Wenn der „Normalstrom“ Richtung Batterie/Bordnetz fließt, passiert noch nicht viel. Fließt allerdings ein Rückstrom ab einer bestimmten Stromstärke, schwächt die Stromspule das Magnetfeld, der Rückstromschalter öffnet erheblich früher und die Lichtmaschine wird sofort vom Bordnetz getrennt.

Die Stromspule hat noch eine weitere wichtige Aufgabe zu erfüllen: sie fungiert als Überlastschutz für die Lichtmaschine. Sie ist auf die jeweilige Lichtmaschinen-Maximalleistung abgestimmt und verstärkt das Magnetfeld

des Schalters, wenn es in der Lichtmaschine heiss hergeht und ein sehr hoher Strom fließt. Dann wird der Magnetschalter maximal angezogen und der Spannungsregler schaltet die Lichtmaschine in die 0-Watt-Position (Kurzschluss der Feldwicklungen). In diesem Augenblick wird kein Strom mehr produziert, theoretisch jedenfalls. Wegen der Dimensionierung der Stromspule darf auch nicht irgendein Regler mit anderen Kenndaten eingebaut werden – der Überlastschutz könnte dabei flöten gehen. Eine zusätzliche, ausreichend dimensionierte Schmelzsicherung würde hier das Vertrauen sicherlich stärken – und die Lichtmaschine auf jeden Fall schützen.

Zusammenfassend sei nochmal betont, daß der Generatorstrom direkt in der Lichtmaschine reguliert wird und zwar durch die beiden Faktoren Umdrehungsgeschwindigkeit und Erregerstrom, der durch die Feldwicklungen fließt (oder eben nicht fließt). Im Regler selbst wird der Strom nicht verändert: als mehr oder weniger komplizierter Schalter steuert er lediglich den Stromfluß durch die Feldwicklungen, den Regelwiderstand und den Rückstromschalter.



Schaltplan F-Regler und Lichtmaschinen
LA12/100/3L bzw. MLZu6/45/60/1R



5. Bordkino – Let's talk about Schaltzustände

Die ganze An- und Abkoppelung der Lichtmaschine und deren Spannungsregelung wird vom Regler im Prinzip mit fünf verschiedenen Schaltstellungen realisiert:

1. Der Rückstromschalter trennt die Leitungen 61 und 51: der Generator ist vom Bordnetz abgetrennt.
2. Der Rückstromschalter verbindet die Leitungen 61 und 51: die Lichtmaschine ist angekoppelt.
3. Der Spannungsregler verbindet die Feldwicklungen direkt mit Masse: es fließt der maximale Strom hindurch und es wird die maximale Generatorspannung erzeugt.
4. Der Spannungsregler trennt die direkte Masseverbindung der Feldwicklungen: der Strom fließt nun durch den Regelwiderstand gegen Masse; der Erregerstrom wird dadurch verringert; die Generatorspannung sinkt.
5. Der Spannungsregler schließt die Feldwicklungen kurz: es fließt kein Strom mehr durch die Feldwicklungen; die Generatorspannung bricht zusammen und geht gegen null Volt.

Das ganze geschieht ein wenig schneller, als ich das hier beschreiben kann; es geht auch etwas schneller, als Du das lesen kannst; genauer gesagt funktioniert viel schneller: Bosch schreibt von 50 – 200 Schaltzyklen des Spannungsreglers pro Sekunde (!), womit dann eine konstante Spannung erzeugt werden soll. Ich hab's leider noch nicht nachzählen können, aber in Zeitlupe funktioniert das dann so:

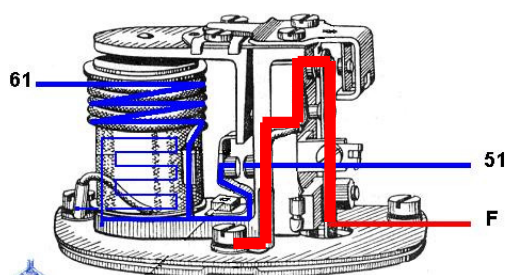
Schaltzustand 1: Die Zündung ist eingeschaltet; der Motor steht noch Rückstromschalter:

Der Rückstromschalter RS-61/RS-51 ist geöffnet; die Lichtmaschine (61) ist mit Bordnetz-Plus (51/30) noch nicht verbunden. Derzeit liegt die Batteriespannung an der Regler-Klemme 51 an und fließt über die zwischengeschaltete Ladekontroll-Lampe über Klemme 61 zur Lichtmaschine und weiter gegen Masse; deshalb leuchtet jetzt die Ladekontrolle. Die an der Spannungsspule anliegende Spannung liegt unter der Einschaltspannung des Rückstromschalters und kann den Magnetschalter noch nicht anziehen.

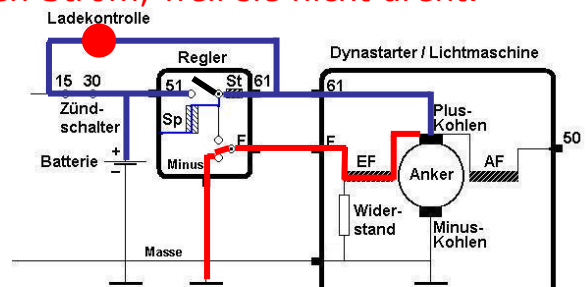
Spannungsregler:

Die Reglerkontakte SR-F und SR-Minus sind geschlossen, die Feldwicklungen liegen also direkt an Masse. Über die Ladekontroll-Lampe und 61/Pluskohlen fließt im Moment die volle Batteriespannung durch die Feldwicklungen, aber die Lichtmaschine generiert noch keinen Strom, weil sie nicht dreht.

Rückstromschalter ----> Kontaktpositionen <---- Spannungsregler
RS-61> <RS-51 SR-Minus<SR-F> <SR-61



Schaltzustand 1: Zündung an – Motor steht



Sp = Spannungsspule EF = Erregerstrom-Feldwicklungen
St = Stromspule AF = Anlasserstrom-Feldwicklungen
Schaltzustand 1: Zündung an – Motor

Schaltzustand 2: Die Lichtmaschine läuft im Leerlauf (niedrige Drehzahl)

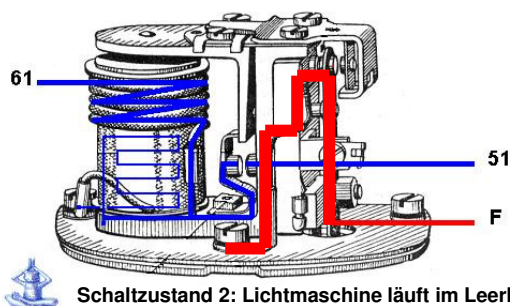
Rückstromschalter:

Die Schalterposition RS-61/RS-51 ist noch offen und die von der Lichtmaschine generierte Spannung ist noch niedriger als die Batteriespannung. Diese fließt weiter über die nun nur noch schwach leuchtende Ladekontrolle und den Regleranschluß 61 durch die Spannungsspule; das Magnetfeld ist aber immer noch zu schwach, um den Magnetschalter anzuziehen.

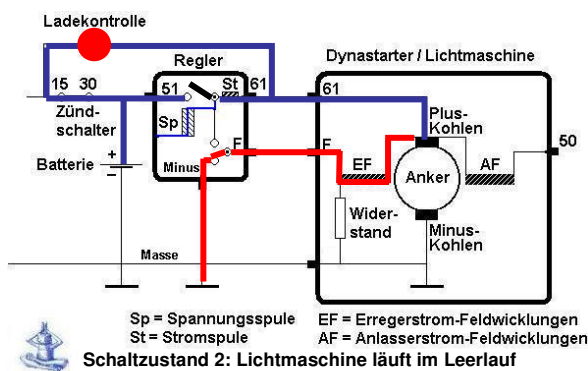
Spannungsregler:

Die Kontakte SR-F und SR-Minus sind noch geschlossen; die Batteriespannung passiert den Regelwiderstand nicht. In Abhängigkeit vom Erregerstrom und der aktuellen Motordrehzahl generiert die Lichtmaschine deshalb die im Moment höchstmögliche Spannung.

Rückstromschalter ----> Kontaktpositionen <---- Spannungsregler
RS-61> <RS-51 SR-Minus><SR-F> <SR-61



Schaltzustand 2: Lichtmaschine läuft im Leerlauf



Schaltzustand 2: Lichtmaschine läuft im Leerlauf

Schaltzustand 3: Lichtmaschine läuft schneller (unterer Drehzahlbereich)

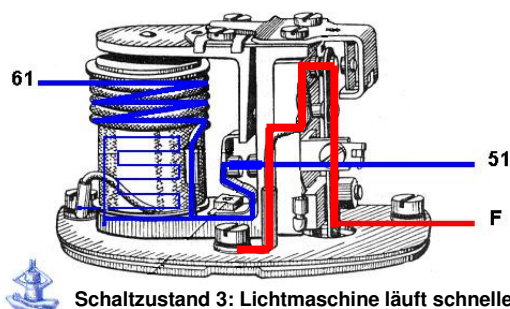
Rückstromschalter:

Mit der Motordrehzahl steigt auch die von der Lichtmaschine generierte Spannung. Wenn sie die (einstellbare) Einschaltspannung erreicht hat, ist das Magnetfeld der Spannungsspule groß genug, um den Anker anzuziehen und damit die Kontakte RS-61 und RS-51 zu schließen: der Rückstromschalter ist geschlossen. Die Lichtmaschine ist jetzt mit dem Bordnetz verbunden; der Lichtmaschinen-Strom fließt durch die Stromspule. Da nun an den Klemmen 61, 51, 30, 15 die gleiche (Lichtmaschinen-)Spannung anliegt, erlischt die Ladekontrolle. Die Verbraucher erhalten den Lichtmaschinen-Strom und die Batterien werden wieder geladen.

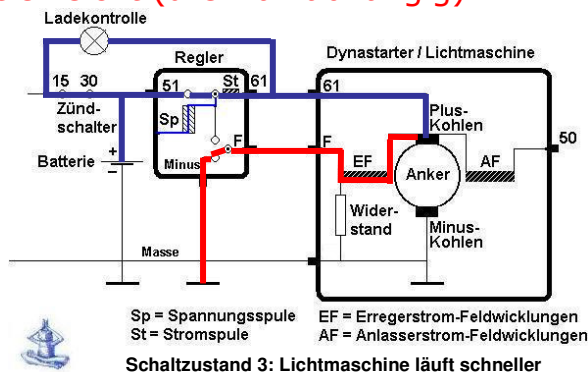
Spannungsregler:

Die Kontakte SR-Minus und SR-F sind immer noch geschlossen. Die Feldwicklungen erhalten jetzt die volle Lichtmaschinen-Spannung (Erregerstrom), die jetzt ihren maximalen Wert erreicht (drehzahlabhängig).

Rückstromschalter ----> Kontaktpositionen <---- Spannungsregler
RS-61><RS-51 SR-Minus><SR-F> <SR-61



Schaltzustand 3: Lichtmaschine läuft schneller



Schaltzustand 3: Lichtmaschine läuft schneller

Schaltzustand 4: Motordrehzahl steigt weiter (mittlerer Drehzahlbereich)

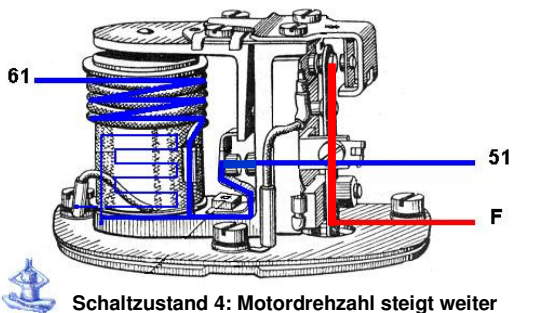
Rückstromschalter:

Die beiden Kontakte RS-61 und RS-51 bleiben geschlossen. Die Ladekontrolle ist aus.

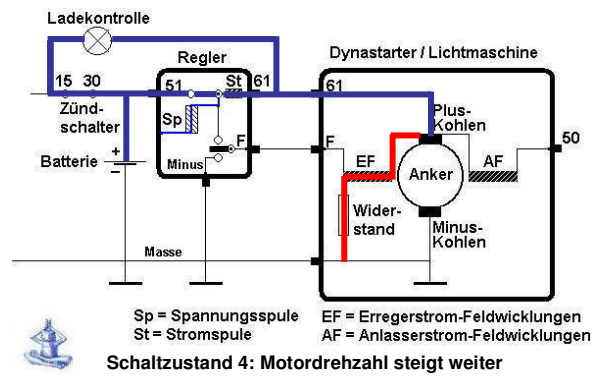
Spannungsregler:

Mit steigender Motordrehzahl nimmt auch die Lichtmaschinenspannung nochmals zu. Das mitansteigende Magnetfeld des Spulenpakets zieht den Anker weiter an und drückt den Hubzapfen des Ankers gegen die Justierschraube für den Reglerkontakteinsatz. Dadurch wird der Federkontakt SR-F vom Kontakt SR-Minus abgehoben, jedoch noch nicht gegen SR-61 gedrückt. Die Feldwicklungen sind nun nicht mehr über SR-Minus mit Masse verbunden und der Erregerstrom fließt stattdessen durch den Regelwiderstand gegen Masse. Damit wird der Erregerstrom schwächer und die Lichtmaschinenspannung sinkt trotz gestiegener Drehzahl.

Rückstromschalter ----> Kontaktpositionen <---- Spannungsregler
RS-61><RS-51



Schaltzustand 4: Motordrehzahl steigt weiter



Schaltzustand 4: Motordrehzahl steigt weiter

Schaltzustand 5 Motordrehzahl steigt noch weiter (hoher Drehzahlbereich)

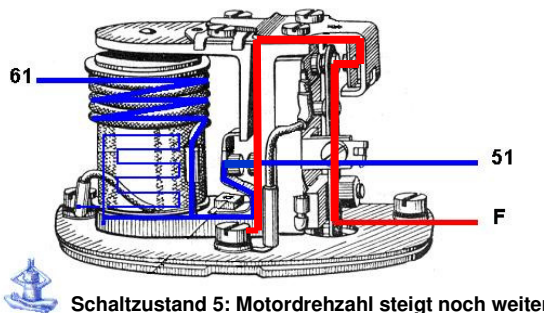
Rückstromschalter:

Der Rückstromschalter bleibt geschlossen und die Ladekontrolle bleibt aus.

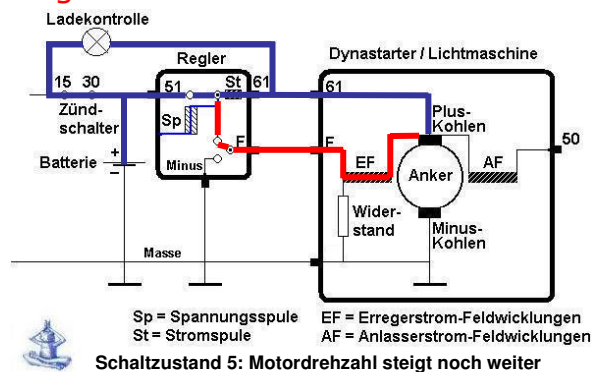
Spannungsregler:

Die Lichtmaschinenspannung nimmt wieder zu; das Magnetfeld der Spulen zieht den Anker nun maximal an und die Reglerkontakte SR-F und SR-61 schließen sich. Damit liegt an beiden Enden der Feldwicklungen die gleiche Spannung an; es fließt also kein Strom mehr. Die Lichtmaschine liefert in diesem Moment theoretisch keine Spannung.

Rückstromschalter ----> Kontaktpositionen <---- Spannungsregler
RS-61><RS-51



Schaltzustand 5: Motordrehzahl steigt noch weiter



Schaltzustand 5: Motordrehzahl steigt noch weiter

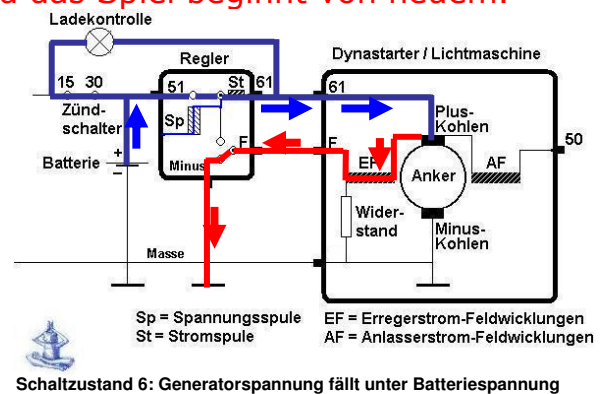
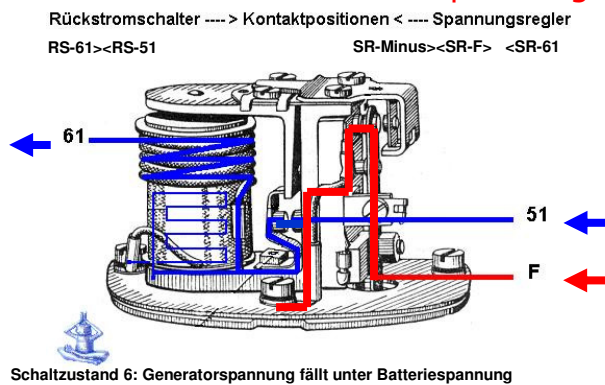
Schaltzustand 6: Generatorspannung fällt unter Batteriespannung

Rückstromschalter:

Bei sinkender Motordrehzahl (und gleichzeitig fallender Generatorspannung) öffnet der Rückstromschalter nicht sofort, da die Ausschaltspannung des Magnetschalters niedriger als dessen Einschaltspannung liegt. Fällt die Lichtmaschinenspannung schließlich unter die Batteriespannung, fließt ein Rückstrom von der Batterie über Klemme 51 durch den Regler und weiter in die Lichtmaschine (Pfeil). Gleichzeitig kehrt der Rückstrom aber auch das Magnetfeld der Stromspule um, wobei das Magnetfeld der Spannungsspule geschwächt wird. Dadurch öffnet jetzt der Rückstromschalter und die stromziehende Lichtmaschine wird vom Bordnetz getrennt. Die Ladekontrolle leuchtet erst wieder, wenn der Rückstromschalter tatsächlich öffnet.

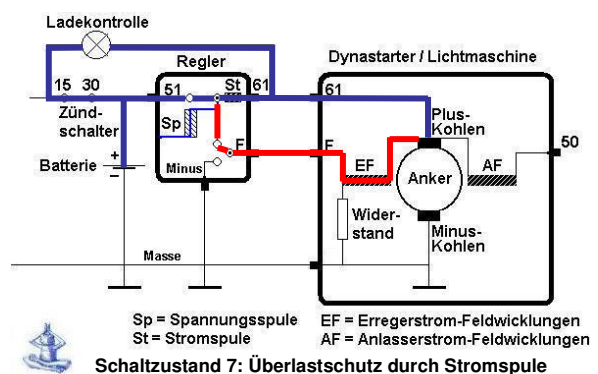
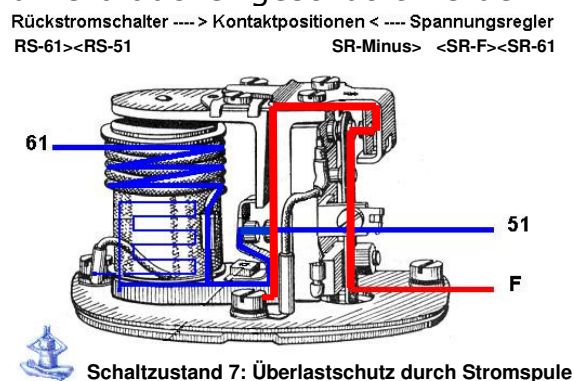
Spannungsregler:

Mit der sinkenden Generatorspannung kehrt auch die Kontaktfeder SR-F in ihre Ausgangslage zurück und schließt die Feldwicklungen wieder direkt an Minus (siehe auch Schaltzustände 2 und 3). Die Feldwicklungen erhalten in diesem Moment über 61 die Batteriespannung und das Spiel beginnt von neuem.



Schaltzustand 7: Überlastschutz durch Stromspule (Strombegrenzung)

Die Stromspule ist so bemessen, daß sie auch ab einem maximal zulässigen Stromfluß den Magnetschalter auf Maximum anzieht. Damit werden die Reglerkontakte SR-F und SR-61 geschlossen und an beiden Enden der Feldwicklungen liegt wie im Schaltzustand 5 die gleiche Spannung an; die Lichtmaschine generiert keinen Strom mehr. So soll auch bei einer zu hohen Stromentnahme der Stromfluß begrenzt und Lichtmaschine, Regler, Batterie und Verbraucher geschützt werden.



6. Late Night Show – Spannende Unterhaltung

Nach so viel Theorie gehts jetzt ganz schnell zur Sache. Wir sind auf einem Langstreckenflug – Ihr habts bestimmt schon gemerkt – aber nicht mehr weit entfernt von unserem Ziel. Bitte nicht einschlafen, denn nun wirds spannend, bevor wir dann hemmungslos am Regler rumfummeln.

Wir erinnern uns: $V \times A = W$, $V / \text{Ohm} = A$ und $A \times H = \text{AH}$, die auch etwas über die Batteriekapazität aussagen. Damit die Lichtmaschine genügend Energie für die Verbraucher und das Wiederaufladen der Batterien erzeugen kann, muß der Regler an die vorhandenen Komponenten angepasst und so eingestellt sein, daß weder zuviel noch zuwenig Strom generiert wird. Die Vertragsbedingungen für die Reglerarbeit in den Bellas bestehen aus den folgenden Konditionen. Alle Angaben sind wie auch der gesamte Beitrag natürlich „ohne jede Gewähr“. Wer es genauer wissen will, möge bitte seine technischen Unterlagen und zB. den „Kupferwurm“ von Carl Hertweck studieren – dort findet er dann auch etwas über thermische Auswirkungen, also Kälte und Hitze.

Ermittlung des Stromverbrauchs:

	Dynastarter bei 13,5V		Kickstarter bei 6,8V	
	Watt	A	Watt	A
* Hupe	?		?	
Frontlicht Bilux	35W	2,59A	35W	5,15A
* Standlicht	2W		2W (1,5 W)	
* Ladekontrolle	3W		2W	
* Leerlaufkontrolle	3W		2W	
Tacholicht	2W	0,15A	2W (0,6 W)	0,29A
Bremslicht	15W	1,11A	10W	1,47A
Rücklicht	3W	0,22A	3W	0,44A
Zündspule	11W	0,81A	6W	0,88A
Regler SpSpule	3,6W	0,27A	3,6W	0,53A
Erhaltungsladestrom der vollen Batterien	6,75W	0,5A bei 10AH	3,74 W	0,55A bei 11AH
Summe (ohne *)	76,35 W	5,65A	63,34 W	9,31A

Die mit * gekennzeichneten Verbraucher bleiben hier unberücksichtigt, da sie im normalen Fahrbetrieb nur selten an sind. Das Bremslicht wird dagegen voll berücksichtigt und kompensiert so die Abweichungen der realen Verbräuche gegenüber den Nennleistungen der Verbraucher.

Während normale Verbraucher wie Licht und Zündspule einen nahezu konstanten Stromverbrauch haben, schwankt die Stromaufnahme der Batterien je nach aktuellem Ladezustand. Eine leere Batterie zieht anfänglich

mehrere Ampere, eine volle, intakte Batterie benötigt dagegen nur einen Erhaltungsladestrom von ca. 5% ihrer Nennkapazität. Dieser ständige Bedarf wird bei der Reglereinstellung berücksichtigt.

Eckdaten:

Werte sind temperaturabhängig (hier für 20°-25°)		Dynastarter	Kickstarter
Bordspannung	Nennspannung	12V	6V
	Sollspannung	12,5 – 13,8V	6,2 – 7V
	tatsächliche Spannung	10-14,4V	5-7,2V
	optimale mittlere Ladesp.	13,5V	6,8V
Batterien (Bleiakkus)	original verbaut	2x 6V 11AH	1x 6V 6,7AH
	neue Akkus alternativ	2x 12V 5AH	1x 6V 11AH
	voller Akku (2,12V/Zelle)	12,72V	6,36V
	Leerlaufspannung voll (unbelastet)	12,6-13,2V	6,3-6,6V
	Ladeschlußspannung (maximal 2,4V/Zelle)	14,4V	7,2V
	leerer Akku (2V/Zelle)	12V	6V
	Leerlaufspannung leer (unbelastet)	12V	6V
	Entladeschlußspannung (maximal 1,75V/Zelle)	10,5V	5,25V
	Erhaltungsladung des vollen Akkus (optimal 1/20 von AH)	13,5V (500mA)	6,8V (550mA)
Lichtmaschine	original verbaut	LA12/100/3L	MLZu 6/45/60/1R später MLZn 60//6/1600R
	Nennleistung bei 12V / 6V	100W = 8,3A	45W = 7,5A später 60W = 10A
	Nennleistung bei mittl. Ladespannung 13,5V / 6,8V	100W = 7,4A	45W = 6,6A später 60W = 8,8A
	Reserve (s. Verbraucher)	25W	keine
	Maximalbelastung bis ca	150W	60W, später 90W
	Regler	original verbaut	12/90/2B
	Nennbelastbarkeit bei 12V / 6V	90W	60W
Regelwiderstand	original verbaut	9 Ohm Draht	5,8 Ohm Wicklung
andere Bordnetz-Widerstände	Klemmenwiderstände, Kabelwiderstände, Kontaktwiderstände, Schraubklemmen-Widerstände, Schalterwiderstände		

Für den normalen Fahrbetrieb, also bei gemäßigten Temperaturen, **aber immer mit Licht**, ergeben sich demnach folgende optimale Regler-Einstellwerte. Dabei ist es schön zu wissen, daß die normalen Verbraucher das System mit ca. 75 Watt (12V) bzw. ca. 65 Watt (6V) belasten und unsere Lichtmaschinen dann nur noch wenig Kraftreserven haben. Für die korrekte Reglereinstellung allerdings ist meiner Meinung nach wichtiger, „was hinten rauskommt“, d.h. was im normalen Fahrbetrieb an den Batterieanschlüssen und bei den Verbrauchern ankommt. Ist die Spannung dort ständig zu niedrig, werden die Batterien zu wenig geladen und gehen früher kaputt. Kommt an den Klemmen regelmäßig zuviel an, werden die Batterien überladen und gasen aus. Das passiert dann insbesondere im Hochsommer, wenn die Batterien temperaturbedingt schneller voll sind als im kalten Zustand. In diesem Sinne werden hier die einzustellenden **Klemmenspannungen bei laufendem Motor mit Licht und vollen Batterien** angegeben, denn ohne Verbraucher oder Batterien wäre eine korrekte Reglerjustierung kaum hinzubekommen. So ersparen wir uns auch (im Gegensatz zu den wilden Zahlenspielen des ehrwürdigen Herrn Hertweck) die ganze mühsame Rechnerei mit Spannungsabfällen durch Verbraucher und andere Bordnetz-Widerstände.

Zielwerte für die korrekte Reglereinstellung:

		Dynastarter	Kickstarter
Rückstromschalter	Einschaltspannung ca	13V	6,5V
Spannungsregler	Ladeschlußspannung	14,4V	7,2V
	Mittlere Ladespannung ca	13,5V	6,8V

Die Lichtmaschine wird so zwar relativ spät mit dem Bordnetz verbunden, allerdings bleibt sie auch lange genug verbunden, um die Batterien gut geladen zu erhalten (Stichworte: Hysterese, Rückstrom). Die Ladeschlußspannung liegt ebenfalls am oberen Ende des Erlaubten (Stichwort: Gasung); damit wird aber eine mittlere Ladespannung erzielt, die sämtliche Verbraucher und die Batterien optimal versorgt (Stichwort: Erhaltungsladung). Für normale Ausfahrten bei milden Sommertemperaturen dürfte das völlig ausreichen, und wer unbedingt bei 37° im Schatten sich und die Schöne quälen will, sollte nicht nur seinen Kopf kühlen sondern auch genügend Flüssigkeit zuführen (sich und den Batterien).

7. Turbulenzen und Sturzflug – Crash Management im Katastrophenfall

Überall, wo für gewöhnlich Ströme fließen, kommt es früher oder später mal zu Leckagen: Kabel, Kontakte oder Anschlüsse lösen sich, oxidieren oder brechen, unisolierte Teile kontaktieren die Fahrzeugmasse und verursachen schöne Kurzschlüsse, die jeden Pyromanen erfreuen. Derartige Fehler sind mit einer systematischen Vorgehensweise relativ leicht aufzuspüren und wenn zumindest eine Hauptsicherung in das Verbrauchernetz eingebaut ist, passiert auch nicht allzuviel. Im Teilnetz Lichtmaschine – Regler – Batterien sind normalerweise jedoch keine (Schmelz-)Sicherungen eingebaut, sodaß es hier im schlimmsten Fall auch schon mal zu einem kapitalen Kabelbrand kommen kann. Die folgende Tabelle listet einige typische Fehler dieses Teilsystems auf. Überflüssig ist eigentlich zu erwähnen, daß beim Verkabeln der drei Komponenten höchste Aufmerksamkeit geboten ist. Eindeutige Kabelbeschriftungen und ein abschließender Abgleich mit den Schaltplänen hilft grobe Patzer zu vermeiden.

SYMPTOME	DIAGNOSE	BEHANDLUNG
Brandgeruch, Qualm, Funken, verschmorte/verglühte Kabel	Kurzschluss bzw. Masseschluss in oder zwischen den Komponenten	Kurzschluß SOFORT beseitigen, notfalls alle Batterie-Plus/Minuskabel abtrennen, ACHTUNG: akute Brandgefahr
Batterie entlädt sehr schnell, Kabel 51 verschmort,	Masseschluss an Leitung 51 Batterie-Regler	Masseschluß SOFORT beseitigen, Kabel 51 erneuern, ACHTUNG: hohe Kabelbrandgefahr
Batterien kochen, Kabel F im Regler verschmort	Masseschluß an F-Leitung/Anschlüssen im/am Regler oder in/an Lichtmaschine	Kabel vom Anschluß F des Reglers abklemmen, Masseschluss beseitigen, F-Kabel erneuern
Lampen brennen durch, es blubbert, Schwefelgeruch, Batterien kochen	Ladestrom des Reglers zu hoch, Regler regelt nicht ab, Kontakte verstellt, Spannungsspule defekt,	Batterien abkühlen lassen, Kabel 51 vom Regler nehmen, LiMa-Pluskohlen vor Weiterfahrt aus Haltern nehmen, alles alsbald reparieren
Ladekontrolle brennt nicht bei Zündung An, LiMa generiert zunächst nur geringen Strom	Kontrolllampe defekt, Kontaktfehler, im unteren Drehzahlbereich fließt kein Erregerstrom	Lampe ersetzen, Zuleitungen/Kontakte prüfen (15 und 61)
Ladekontrolle brennt ständig, rotes Kabel 61 in LiMa zur +Kohle verschmort, ACHTUNG: Feldwicklungen o Anker können zerstört werden	Masseschluß an 61-Leitungen oder – Anschlüssen	Masseschluss sofort beseitigen, Kabel 61 erneuern, Feldwicklungen prüfen
Ladekontrolle brennt	Masseverbindung des	saubere Verbindung

ständig, Batterie entlädt sich, LiMa generiert keinen Strom	Reglers defekt	zwischen Regler und Masse herstellen
Ladekontrolle erlischt nicht bei lfd. Motor oder leuchtet während der Fahrt auf, ohne wieder zu erlöschen	LiMa-Kohlen sitzen in den Haltern fest, Kollektor verschmutzt/verölt oder stark eingelaufen, Feldwicklungen schadhaft	Kohlen u/o Kollektor reinigen, Kollektor abdrehen lassen, Feldwicklungen tauschen
Ladekontrolle erlischt nicht bei steigender Drehzahl	Regler verstellt (Rückstromschalter schließt nicht)	Regler einstellen
Ladekontrolle leuchtet sehr hell auf und brennt durch	Regleranker klemmt, Regler regelt nicht	Fremdkörper aus Regler entfernen, Regler säubern
Ladekontrolle glimmt während der Fahrt immer heller	Batterien stark entladen oder schadhaft, Reglerkontakte verbrannt	Batterien aufladen oder ersetzen, Reglerkontakte schleifen/polieren
Ladekontrolle flackert während der Normalfahrt	Rückstromschalter „feuert“, Kontaktfeder RS-61 ausgeleiert oder Regler verstellt	Regler (Kontakte) prüfen, Regler neu justieren
Ladekontrolle flackert während der Normalfahrt	LiMa-Kohlen klemmen oder hüpfen, ggf. Anker unrund oder Kurbelwelle verzogen	prüfen, tauschen, instandsetzen
Ladekontrolle bleibt aus nach starker Drehzahlsenkung	Rückstromschalter verbrannt und klebt	Kontakte reinigen, Regler neu justieren
Klemmenspannung an Batterie bleibt immer unter Sollspannung	Regler verstellt (Spannungsregelung)	Regler neu justieren
Klemmenspannung an Batterie schwankt stark	Regler verstellt (Spannungsregelung), Regelwiderstand defekt	Regler neu justieren, Regelwiderstand messen, ggf. ersetzen
Klemmenspannung an Batterie über Ladeschlußspannung	Regler verstellt (Spannungsregelung)	Regler neu justieren
Klemmenspannung an Batterie bricht ein bei Einschalten von Licht	Kriechstrom oder Masseschluß oder Schalter in betr. Leitung	alle Verbindungen und Kontakte/Schalter prüfen
Die Batterie entleert sich ständig beim Fahren	Ladespannung zu gering, Rückstromschalter klebt	Regler prüfen
Ladekontrolle ist aus,	LiMa-Kohlen abgenutzt	Kohlenführungen reinigen

Batterien werden im Leerlauf mit 1-2A geladen, bei höherer Drehzahl generiert die LiMa keine Strom mehr, ggf. glimmt die Ladekontrolle dann	oder Kohlen werden nicht mehr richtig auf den Kollektor gedrückt	oder Kohlen ersetzen
Masseverbindung am Regler defekt	schlechter Kontakt zB. durch Lack	Extra-Massekabel verlegen
Korrodierte oder schadhafte Kabelverbindungen	veraltete / brüchige Kontakte oder Kabel	erneuern, verlöten, neue Kabel verwenden
Ölnebel in LiMa, verölte Kontakte	Kurbelwellen-Simmerring undicht, spröde, gebrochen	erneuern
Klemmende/fehlerhafte/abgenutzte Kohlen	Schmutz, Fett, Kohlenstaub, scharfe Kollektorlamellen, ausgeleierte Kohlenfedern	säubern und erneuern, ggf. Kollektor entgraten
Kurbelwelle oder Anker läuft unrund, Lager ausgeschlagen, instabile Spannung	LiMa-Kohlen springen	das wird teuer !

8. Banger Blick auf die Bordmonitore – Reichts noch ?

Bevor ein Regler angetastet wird (und das meine ich wörtlich) sollten erstmal einige einfache Messungen mit dem Multimessgerät durchgeführt werden, um die aktuellen Spannungsverhältnisse und das Verhalten des Reglers festzustellen. Natürlich kann man stunden- und tagelang alles mögliche messen ... und sich dabei womöglich ordentlich verheddern und zunehmend unwohler fühlen. Ich beschränke mich deshalb hier auf wenige, aber aussagefähige Prüfungen. Am besten dokumentiert man die Messergebnisse, um nicht durcheinander zu kommen. Die **vollgeladenen** Batterien bleiben bei den folgenden Messungen angeschlossen (wenn nicht anders angegeben), damit der Regler überhaupt arbeiten kann und die Lichtmaschine nicht gefährdet wird.

Ladespannung an den Batterien prüfen:

- Volt-Messgerät zwischen Batterie-Plus (30/51) und Batterie-Minus / Masse
- Sollwerte im unterer Drehzahlbereich (Ladekontrolle verlischt gerade):
ca. 13V (6,5V)
- Sollwerte bei steigender Drehzahl bis Maximaldrehzahl:
13V - 14,4V (6,5V – 7,2V)

Wenn die Sollwerte nicht erreicht werden, gehts erstmal **kurzfristig ohne Batterien** weiter:

Ladespannung vor den Batterien prüfen:

- Kabelverbindung Regler/Batterien (51) am Regler lösen und Kabelende gegen Kurzschluss sichern
- Volt-Messgerät zwischen Regler-51 und Masse = Ladespannung bei geschlossenem Rückstromschalter
- Volt-Messgerät zwischen Regler-61 und Masse = Ladespannung bei geöffnetem Rückstromschalter

Diese Messung zeigt den tatsächlichen Ladestrom der Lichtmaschine ohne Verbraucher und ohne Batterien. Die Batterien sollten dabei nicht zu lange abgeklemmt bleiben und die Motordrehzahl sollte ab 15V (7,5V) nicht weiter erhöht werden, um die Lichtmaschinen- und Reglerwicklungen nicht zu überhitzen. Bei einer Ladespannung unter 11V (5,5V) ist entweder der Regler total verstellt oder die Lichtmaschine ist defekt.

Die nächste Messung erfolgt wieder mit angeschlossenen Batterien und Verbrauchern, d.h. der Regler wird wieder über Klemme 51 mit den Batterien verbunden.

Lichtmaschinenspannung vor dem Regler prüfen:

- Volt-Messgerät zwischen Regler-Anschluss F und Masse

Diese Messung zeigt die abgeregelte Lichtmaschinenspannung. Ist dieser Wert zu niedrig, ist ebenfalls der durch die Feldspulen fließende Erregerstrom zu niedrig und die Lichtmaschine generiert zu wenig Strom. Vermutlich ist nur der Regler verstellt.

Nun werden Spannungsregler und Regelwiderstand kurzgeschlossen, sodaß die Lichtmaschine den maximalen Erregerstrom erhält und eine rein drehzahlabhängige Lichtmaschinenspannung generiert. Dazu muß das Kabel am Regleranschluß F (=Feldwicklungsende) abgenommen und mit Masse verbunden werden. Für eine kurzfristige Messung kann auch der Regleranker mit einem Holzkeil o.ä. blockiert werden; dann arbeitet der Spannungsregler ebenfalls nicht. Allerdings schließt dann auch der Rückstromschalter nicht und die Batterie bleibt abgekoppelt.

Lichtmaschinenspannung ohne Regler prüfen:

- Kabelverbindung F wie beschrieben trennen und direkt mit Masse verbinden
- Volt-Messgerät zwischen Lichtmaschinenanschluß 61 und Masse
- Motordrehzahl langsam erhöhen, Lichtmaschinenspannung steigt weiter und weiter und weiter und ...

Diese Messung zeigt den unregelmäßigen Ladestrom der Lichtmaschine, also ohne Spannungsregelung durch den Regler. Die Motordrehzahl darf **kurzfristig** bis 16V (8V) erhöht werden, ansonsten werden die Lichtmaschinen- und Reglerwicklungen überhitzen, die Glühlampen durchbrennen und die Batterien geschädigt. Die Lichtmaschine funktioniert eindeutig, wenn diese Spannung erreicht wird.

Schließlich kann man noch den (geregelten) **Ladestrom der Lichtmaschine prüfen**. Für diese Messung müssen Regler und Lichtmaschine wieder korrekt

angeschlossen sein. Die beiden Kabel zum Zündschloss (30) und zum Regler (51) werden von Batterie-Plus abgenommen, aber weiter zusammengehalten. Das Messgerät wird in 10A-Stellung zwischen diese beiden Kabel und Batterie-Plus eingeschleift (in Reihe geschaltet). Bei laufendem Motor kann nun der durch das Bordnetz fließende Strom (Ampere) abgelesen werden. Ohne Verbraucher zeigt das Messgerät den aktuellen Ladestrom der Batterien und ggf. Kriechströme an. Die Dynastarter müssen bei diesem Verfahren zB. mit einem Starthilfekabel zwischen Batterien-Plus und dem dicken Dynastarter-Anschluß 50 angeschlossen werden, sonst würde das Messgerät zerstört werden.

9. Landeanflug mit Sicht und Instrumenten – Vom Messen und Einstellen

Was jetzt folgt, ist echte Hardcore für den Normalschrauber und nichts für Bruchpiloten. Nix für Weicheier, weil man dafür starke Nerven braucht. Nix für Leute ohne Durchblick, weil man dafür genau hinsehen muß und nix für Ungeduldige, weil man dafür Ausdauer braucht – also eigentlich nix für mich. Und noch eine gutgemeinte Vorabbemerkung: Einen einigermaßen gut aussehenden Regler, d.h. Kontakte und Abstände sind ok, würde ich nicht mehr lange befummeln, sondern nur noch am laufenden Roller elektrisch vermessen und ggf. gaaaanz vorsichtig nachjustieren. Bei einem total verstellten Teil würde ich lieber überlegen, ob der ganze Aufwand lohnt, dann das folgende Kapitel überspringen und gleich einen elektronischen Regler einsetzen. Das spart viel Zeit, schont die Nerven und ist letztlich auch die ultimative Lösung.

Nun gut, jetzt willst Du es aber genau wissen nach der vielen Theorie. Let's durchstarten! Zuerst kommt die mechanische Einstellung, dann die elektromechanische Justierung auf Muttis bestem Wohnzimmer Tisch, schließlich Einbau, Endjustage und Kontrolle am Roller und zum Schluß wie üblich: Bierchen köpfen.

Um den F-Regler neu zu justieren, brauchen wir a) den ausgebauten, nicht angeschlossenen und vorsichtig gereinigten Regler, b) gutes Werkzeug: eine Mini-Grippzange, gute kleine Schraubendreher, einen flachen 6mm-Schraubenschlüssel (isoliert), Fühlerlehren, ein Multimeßgerät, ein Set Messklemmen-Kabel, 3 Prüflämpchen 1-2W (6/12V), 1 Halogenlampe 70W (6/12V), ein regelbares (Labor-)Netzteil bis 20V (bis 10A) und schließlich c) ein gewisses masochistisches Potential.

Die mechanische Einstellung (vgl. Abb. Regler-Detailbeschreibung):

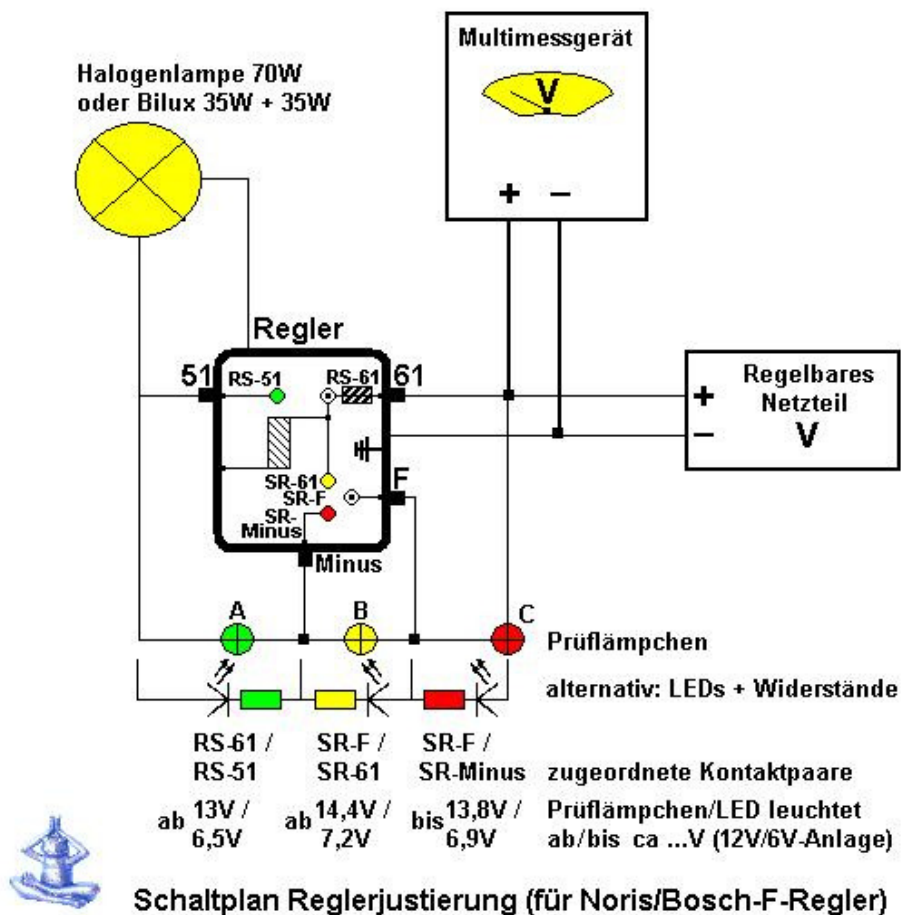
1. Die 6 Kontaktflächen müssen halt wie gute Kontakte aussehen: sauber, nur geringer Abbrand, keine Berge und Täler.
2. Maß A (Anker-Magnetwinkel oben, 0,3-0,5mm im Ruhezustand) einstellen: Schrauben 1 Justierung: Ankerabstand lösen (Mini-Grippzange) und Anker entsprechend verschieben (Fühlerlehre); Schrauben wieder festziehen.

3. Maß B (Anker-Spulenkerne außen: 2,5-3mm im Ruhezustand) prüfen/einstellen: das Maß ergibt sich eigentlich aus Schritt 2; notfalls kann die obenliegende Messingglasche etwas nach oben gebogen oder nach unten geklopft werden; sie bestimmt das Ankerspiel.
4. Maß C (Rückstromschalter, Kontakte RS-61/RS-51, 0,3-0,4mm im Ruhezustand) einstellen: S-förmige Feder RS-61 entsprechend so hinbiegen, daß die Kontakte im geschlossenen Zustand mit ausreichender Federkraft aufeinander liegen. Insbesondere muss das Kontaktpaar planparallel liegen, weil da später der gesamte Generatorstrom mit einigen Ampere fließt. Tipp: RS-61 ist von unten verschraubt, kann gelöst oder zum Verbiegen/Reinigen/Polieren auch ganz entnommen werden.
5. Maß D (Anker-Kontaktglasche RS-61, 0,1-0,2mm) einstellen: Anker vorsichtig runterdrücken, bis die Kontaktfeder SR-F beginnt von SR-Minus abzuheben (Tipp: messen mit Durchgangsprüfer oder Ohm-Messung), RS-61/RS-51 sind dabei geschlossen, dann muß der Luftspalt da sein; der Anschlag SR-F zum Ankerdorn kann vorsichtig mit der Schraube 3 Justierung: Spannungsregler Einsatz justiert werden. Vorsicht: die 3mm-Schraube sitzt fest und der Schlitz ist schnell kaputtgedreht.
6. Maß E (Abstand SR-F und SR-61, ca. 0,2mm im Ruhezustand): SR-61 bzw. der seitliche Bügel der Messingbrücke kann vorsichtig auf das Sollmaß gebogen/geklopft werden; die Kontaktfeder SR-61 liegt dabei am unteren linken Ausschnitt des Bügels an. Wenn der Anker ganz heruntergedrückt wird, muß das Sollmaß zwischen SR-Minus und SR-F bestehen. Der Federkontakt SR-F schwingt im Betrieb zwischen SR-Minus und SR-61 hin und her; dieses minimale Maß bestimmt die endgültige Generatorspannung und die Spannungskennlinie des Reglers.

Die elektromechanische Justierung (vgl. Abb. Schaltplan Reglerjustierung):

1. Wir verkabeln den Regler nach dem abgebildeten Schaltplan, wobei das regelbare Labornetzteil die Lichtmaschine als Stromlieferanten ersetzt, die Halogenlampe die Verbraucher im Bordnetz simuliert und die 3 Prüflämpchen die Kontaktpositionen vom Rückstromschalter und Spannungsregler anzeigen. Anstelle der Halogenlampe kann auch eine 35/35W-Biluxlampe (6/12V) verwendet und so geschaltet werden, daß beide Glühwendeln gleichzeitig brennen (ergibt dann auch 70W). Anstelle der 3 Prüflämpchen können auch 3 LEDs (1/4W, zB. in rot, gelb, grün) mit jeweils einem Vorwiderstand (990 Ohm/12V, 400 Ohm/6V) eingesetzt werden, dabei ist dann die richtige Polung der LEDs zu beachten. Das Multimessgerät mit Volt-Messung kommt an Regler-61 und Regler-Masse bzw. direkt an die beiden Netzteil-Ausgänge.
2. Die Einstellmutter 4 Justierung: Spannungsregelung + Ladeschlussspannung bleibt erstmal unangetastet, also leicht angezogen, sodaß die Kontaktfeder F unter leichter Spannung steht.
3. Ab ca. 2V Speisespannung vom Netzteil leuchtet die Prüflampe/LED C und zeigt das geschlossene Kontaktpaar SR-Minus <SR-F an (Ruhestellung).

4. Die Schiebefeder 2 Justierung Einschaltspannung wird mit den Schrauben 2 so fixiert, daß der Einschaltpunkt des Rückstromschalters bei 13V (6,5V) liegt (Kontaktpaar RS-61><RS51 schließen) und die Kontaktfeder SR-F noch nicht abgehoben hat. Die Prüflampe/LED A leuchtet dann zusätzlich zur Prüflampe/LED C; die Prüflampe/LED B bleibt aus. Ein Verschieben der Schiebefeder Richtung Spulen erhöht die Einschaltspannung, während entgegengesetzt die Einschaltspannung sinkt. Diese Justierung benötigt etwas Fingerspitzengefühl und die 13V müssen immer wieder „von unten herauf“ eingestellt werden, wie übrigens alle Spannungswerte.
5. Erst bei ca. 13,8V (6,9V) soll der Kontakt SR-F von SR-Minus abheben. Die Prüflampe/LED C erlischt dabei, Prüflampe/LED A leuchtet weiter, während Prüflampe/LED B noch aus bleibt. Dieser Einstellpunkt wird erstmal mit der Einstellmutter 4 Justierung: Spannungsregelung + Ladeschlußspannung eingestellt. Mit vorsichtigem Linksherumdrehen wird der Schaltungspunkt bei niedrigerer Spannung erreicht, während eine Rechtsdrehung die Federspannung erhöht, sodaß die Kontaktfeder erst bei höherer Spannung abhebt.
6. Schließlich soll das Kontaktpaar SR-F><SR-61 bei der Ladeschlußspannung von 14,4V (7,2V) schließen. Die Prüflampe/LED B leuchtet dann zusammen mit der Prüflampe/LED A, die Prüflampe/LED C bleibt dunkel. Der exakte Einschaltpunkt wird wieder mit der Einstellmutter 4 justiert.
7. Falls die Einstellungen nach 5. und 6. mit der Einstellmutter 4 nicht aufeinander abgestimmt werden können, muß zunächst die Schraube 3 Justierung: Spannungsregler Einsatz (= Anschlag für den Dorn des Ankers) etwas heraus- oder hineingedreht werden und dann die Punkte 5 und 6 wiederholt werden.
8. In einem minimalen Spannungsbereich leuchten beide Prüflampen/LEDs B und C gleichzeitig. Dies liegt am Schaltungsaufbau und nicht etwa an den Spannungsdifferenzen, die sich aus den Punkten 5. und 6. ergeben.
9. Falls das (Labor-)Netzteil den Strom für die 70W-Halogen-/Biluxlampe (immerhin 4-6A) nicht bringt, wird die Speisespannung aus einer zusätzlichen (vollen) Batterie entnommen; diese wird dann so eingebunden: Batterie-Minus an Lampe, Batterie-Plus an Regler-61, Lampe an Regler-51. Der Verbraucherstrom fließt dann bei geschlossenem Rückstromschalter durch die Stromspule und beeinflusst so wie im normalen Fahrbetrieb den Magnetschalter. Wer gar einen 150W-Halogenbrenner mit vorgeschaltetem regelbaren Leistungswiderstand einsetzt, kann sogar eine Überlast simulieren und feststellen, daß der Magnetschalter bei zunehmender Last früher schließt.



Die provisorische Montage am Roller:

Wer bis hierhin noch glücklich, motiviert und nüchtern ist, kann den Regler für die endgültige Justierung an die Roller-Elektrik anschließen, andernfalls kann man das vertrackte Teil auch in die Tonne werfen (oder dem Autor überlassen) und sich einen elektronischen Regler gönnen. Für die vorläufige Montage braucht man eine korrekte Verkabelung (Regler-Masse nicht vergessen) und eine sichere Ablage für den Regler, zB. ein Tischchen aus Holz über dem Tunnel. Bei dieser Gelegenheit sollten die „Hauptverkehrsadern“ Lichtmaschine/Regler (61) und Regler/Batterien (51) gleich verstärkt werden auf 2,5mm².

Wenn der Regler angeschlossen ist, sollte man sicherheitshalber erstmal die **Lichtmaschine polarisieren**. Damit der Regler überhaupt regeln kann, muß an den Polschuhen der Lichtmaschine ein Restmagnetismus (Remanenz) mit korrekter Polarität vorhanden sein und das gewährleistet der folgende Arbeitsschritt. Dazu wird bei angeschlossenem Regler und eingeschalteter Zündung einfach kurz der Regler-Anker hinunter gedrückt; aber wirklich nur kurz, da die Lichtmaschine sofort anzieht. Fertig. Ganz ohne Regler gehts auch so: Lichtmaschine und deren Anschluß F an Batterie-Minus/Masse und Batterie-Plus ganz kurz an den Kontakt 61 (Plus-Kohlen) halten. Auch hierbei versucht die Lichtmaschine sofort zu drehen. Also wirklich nur ganz kurz dranhaltend, sonst brutzelt.

Die endgültige Justierung des Reglers mit der Einstellmutter 4 erfolgt dann zweckmäßigerweise am laufenden Roller **mit eingeschaltetem Haupt- und Bremslicht und vollen Batterien**, denn nur so können alle Strom und Spannung beeinflussenden Faktoren berücksichtigt werden. Die tatsächlich eingeregelterte und verfügbare Bordnetzspannung wird dabei an den Batterieanschlüssen 30/51 gemessen.

Die genaue Einstellung des Reglers erfordert eine Menge Geduld und Fingerspitzengefühl. Primär kommt es dabei auf das Einhalten der Einschaltspannung (13V/6,5V) und der Ladeschlussspannung (14,4V/7,2V) an. Wenn alles stimmt, sollte sich im laufenden Betrieb mit Hauptlicht, Bremslicht und vollen Batterien dann im mittleren Drehzahlbereich eine mittlere Ladespannung von ca. 13,5V (6,8V) messen lassen.

Die endgültige Montage am Roller:

Der instandgesetzte Regler sollte praktischerweise so eingebaut werden, daß man – ohne einen Kurzschluß zu fabrizieren – leicht an die Einstellmutter 4 herankommt. Der externe 12V-Regler kann dafür zB. umgedreht (mit dem Anschluß F nach oben) zwischen die Batterien unter der Schalttafel eingesetzt werden. Die Kickstarter-Fraktion sollte sich grundsätzlich überlegen, das hitzeempfindliche Teil außerhalb der Lichtmaschine zu plazieren und gegen Schmutz zu kapseln.

Der letzte Akt:

Eine abschließende ausgiebige Probefahrt ums Carree mit angeklebtem und während der Fahrt ablesbarem Multimeßgerät in V-Stellung (oder so eine LED-Bordspannungsanzeige) macht das Ergebnis der Bastelei überprüfbar. Es ist dann auch egal, ob Du Deine Bella die letzten 5 km zurück fährst oder schiebst: ein Bierchen hast Du Dir allemal verdient.

10. Alternative Reiseziele – Über elektronische Regler und Eigenbauten

Wem diese ganze Tour zu hart ist oder wer der erquicklichen Schrauberei an der Feinmechanik einfach keinen rechten Lustgewinn abringen kann, dem bieten sich diverse Alternativen in Form von elektronischen Reglern an – und die sind eindeutig besser und sicherer als die originalen Regler.

Für den mechanischen F-Regler spricht eigentlich nur noch das Argument Originalität. Gegen ihn sprechen seine bauartbedingten funktionellen Schwächen: Schmutz- und Temperaturempfindlichkeit, Verschleißanfälligkeit, ungenaue und suboptimale Regelung. Für den F-Regler gilt insbesondere „never touch a running system“: solange der Regler einigermaßen zufriedenstellend arbeitet, läßt man ihn am besten unangetastet. Wenn den Batterien aber regelmäßig die Puste ausgeht, sie häufiger kochen oder ausgetauscht werden müssen oder wenn die Lampen häufig durchbrennen, wirds Zeit für eine grundsätzliche Ursachenbekämpfung.

Die elektronischen Regler arbeiten normalerweise korrekt und sicher, sie sind relativ einfach anzuschließen und können (theoretisch, s.u.) in die Lichtmaschine oder den alten Reglerkasten eingebaut werden. Je nach Ausführung und Anbieter ist ein „eRegler“ ab Eur 50 bis über Eur 130 zu bekommen. Er muß für **minusgeregelte Lichtmaschinen** ausgelegt sein mit den Feldwicklungen an Plus, Minus an Masse und der korrekten Bordspannung (12V/6V). Ein elektronischer Regler wird **immer ohne Regelwiderstand** betrieben. Folgende Faktoren sollten bei der Auswahl ferner berücksichtigt werden:

- mit Strombegrenzung (soll den Ladestrom begrenzen und so die Lichtmaschine vor Überlast schützen),
- mit einstellbarer Ladespannung (Gelvliesbatterien brauchen zB. einen höheren Erhaltungs-Ladestrom als Flüssigbatterien, bei zusätzlichen ständigen Verbrauchern sollte die Bordspannung angehoben werden, ggf. sollte im Winter oder Hochsommer nachreguliert werden),
- selbstanlaufend (eRegler beginnt auch bei sehr niedriger Batteriespannung mit der Arbeit),
- frühzeitiger Ladebeginn (die Batterien werden bereits bei niedriger Motordrehzahl geladen),
- temperaturgeregelt (bei hohen/niedrigen Außentemperaturen wird der Ladestrom angeblich automatisch angepasst, dann würde sich eine Nachregelung erübrigen),
- kurzschlußfest (auch ein kurzzeitiges Verpolen zerstört den eRegler angeblich nicht sofort).

Auch elektronische Regler sind temperaturempfindlich und sollten schon deshalb nicht an heisser Stelle eingebaut werden, also auch nicht in der Lichtmaschine der Kickstartermodelle. An gut zugänglicher Stelle kommt man auch leichter an die Einstellschraube für die Spannungsregelung (wenn vorhanden). Die Regler sind meistens auf eine Ladespannung von 13,5V bzw. 7V voreingestellt. Diese Einstellung kann bedenkenlos beibehalten werden; eine Überprüfung am laufenden Roller mit dem Multimeßgerät schadet als vertrauensbildende Maßnahme jedoch nicht. Vor dem Umbau auf den elektronischen Regler sollte mit dem alten Regler sicherheitshalber die **Lichtmaschine polarisiert** werden (siehe oben), mit Rücksicht auf die empfindliche Elektronik jedoch nicht zusammen mit dem elektronischen Regler.

Im WEB gibts auch Baupläne für elektronische Eigenbauten, von einfach bis kompliziert. Wer zusätzlich zu seiner Bella noch weitere Baustellen und never-ending-stories braucht, wird damit bestimmt voll befriedigt. Meine Sache ist das jedenfalls nicht – ich stehe nach meiner Reise durch den F-Regler doch eher auf grobmotorische Ausgleichsschrauberei. Meine beiden Schönen rollern derweil sowohl mit einem originalen, unangetasteten F-Regler als auch mit einem elektronischen Regler störungsfrei. Bisher jedenfalls.

Der Beitrag wird demnächst mit zusätzlichem Bildmaterial in die eSchaltplan-Packages aufgenommen.

Der Autor übernimmt natürlich keinerlei Haftung für irgendwelche Schäden, die aufgrund dieser Arbeitshilfe entstanden sind.

11. Check Out



heiko2005@web.de