

## Eigenschaften einer 6V-60/90W-Gleichstrom-Lichtmaschine

Fast 30 Jahre lang wurde die 6V-60/90W-Gleichstrom-Lichtmaschine in MZ-Motorrädern serienmäßig eingesetzt, bevor sie mit Serienbeginn der ETZ 250 Anfang der 1980er Jahre durch die leistungsstärkere 12V-210W-Drehstrom-Lichtmaschine ersetzt wurde. Die nahezu unveränderten konstruktiven Daten dieser LiMa gewährleisteten den problemlosen Austausch von Komponenten oder kompletten Einheiten über Jahrzehnte hinweg. Zu Unrecht wird sie seit Jahren immer häufiger als das Grundübel für unzureichend oder unzuverlässig arbeitende Fahrzeugelektrik verantwortlich gemacht.

Dabei liegen die Ursachen häufiger dafür im schlechten Zustand der Verkabelung einschließlich der Kontakte, Sicherungen und Schalterelemente, dem Zustand der Batterie und dem nachgiebigen Regelverhalten bzw. Verschleiß des elektromechanischen Reglers. Anstatt diese Dinge in Ordnung zu bringen, entscheidet man sich oft vorschnell für eine teure Umrüstung auf eine zeitgemäße permanent-erregte Lichtmaschine mit elektronischem Regler.

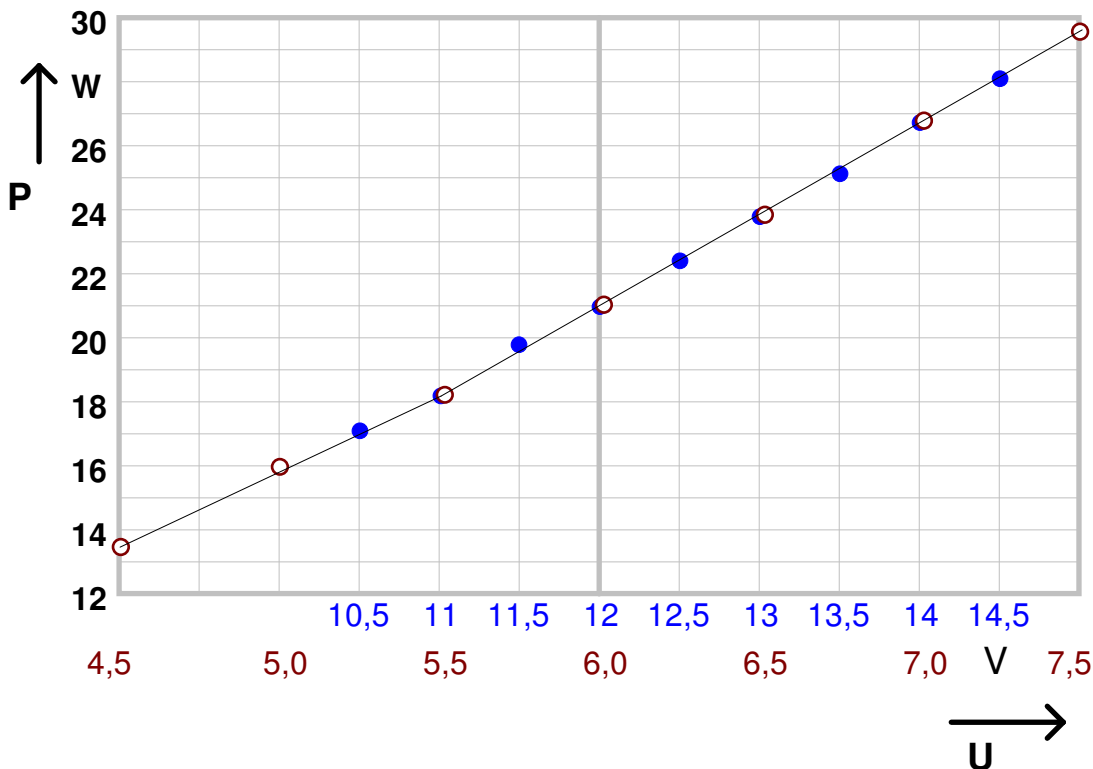
Da mit Messwerten unterlegte Verhaltensbeschreibungen dieser LiMa so gut wie gar nicht in der Literatur zu finden sind, erscheint es sinnvoll, eigene Untersuchungen anzustellen. Dazu ist das Vorhandensein eines geeigneten **Prüfstandes**, auf dem die LiMa mit ausreichender Leistung und vorgegebener Drehzahl angetrieben werden kann unbedingt erforderlich. Dank Martin (kutt, mz-forum.com), der einen solchen Prüfstand mit einem steuerbaren Elektromotor und ES250-Gehäuse für die LiMa-Aufnahme aufgebaut hat, konnten die folgenden Messungen problemlos durchgeführt werden.

Als **künstliche Last** wurden Ba12s-Glühlampen 21 W in 6V- bzw. 12V-Ausführung verwendet. Bei voller Bestückung des in Bild 1 abgebildeten Chassis' lassen sich maximal 210 W für 6 V bzw. 12 V realisieren.



**Bild 1:** Lastersatz mit Ba12s-Glühlampen

Die Spannungsabhängigkeit der Glühlampenleistung wurde vorher aufgenommen, so dass der wahre Wert der momentanen Last aus dem Diagramm im Bild 2 leicht bestimmt werden kann.



**Bild 2:** Spannungsabhängigkeit der Glühlampenleistung für 6 V und 12 V

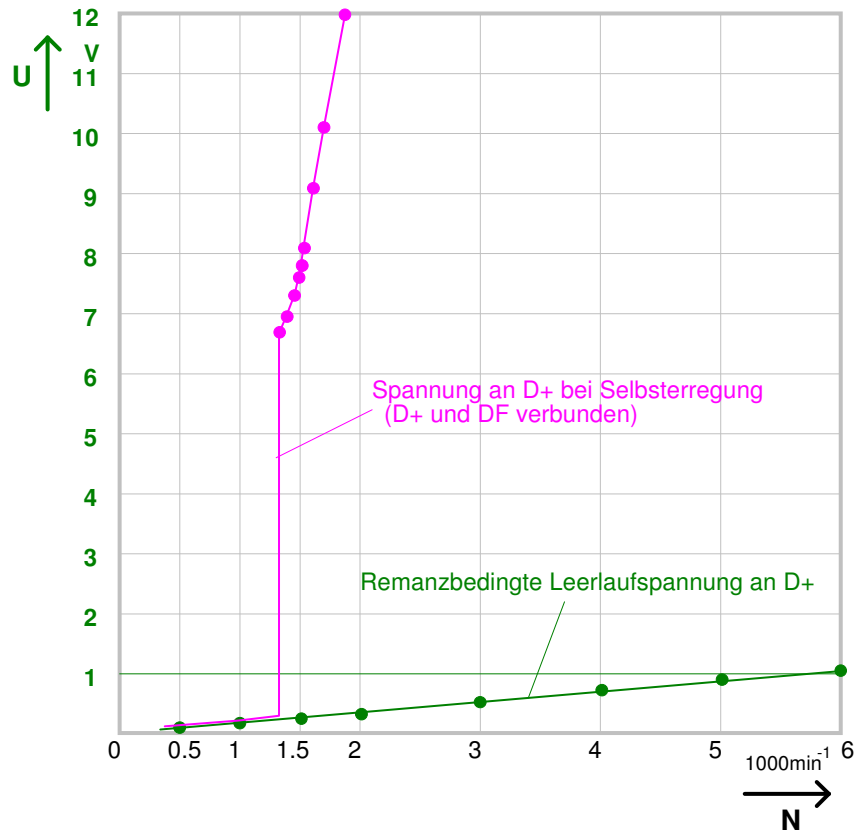
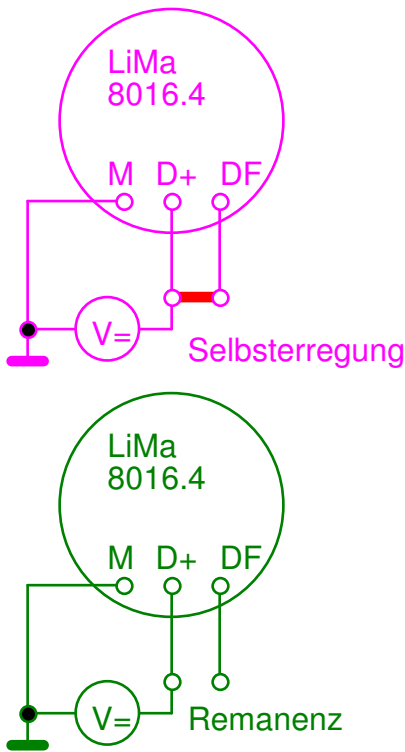
Der Prüfling ist eine **LiMa 8016.4 von 11.73**, von der angenommen wird, dass sie typgerecht funktioniert.

### Remanente Induktion und Selbsterregung

Nach Einbau der LiMa in den Prüfstand wurde zuerst die Leerlaufspannung am Anker gemessen, die auf Grund des verbliebenen Magnetismus im Eisen erzeugt wird (remanente Erregung). Das Ergebnis entspricht der Erfahrung, dass bei leicht erhöhter Drehzahl nach Motorstart kaum mehr als ca. 0,5V zur Verfügung stehen (s. Bild 3).

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass bei voller Selbsterregung (D+ mit DF kurzgeschlossen) erst bei  $1300 \text{ min}^{-1}$  die Spannungsinduktion sprunghaft einsetzt. Ursache dafür ist der nahezu stromunabhängige Bürsten-Spannungsabfall, der je nach Materialkombination zwischen 0,6 V und 5 V liegen kann [1] und quasi wie eine Schwelle zu überwinden ist, bevor es zu einem merklichen Anker-induzierten Stromfluss in der Feldwicklung kommt. Schon bei  $1900 \text{ min}^{-1}$  werden 12 V an D+ erreicht. Bei einem üblichen Widerstand der Feldwicklung von  $1,5 \Omega$  fließen dann bereits 8 A Erregerstrom und es werden allein in der Feldwicklung 96 W Verlustleistung umgesetzt.

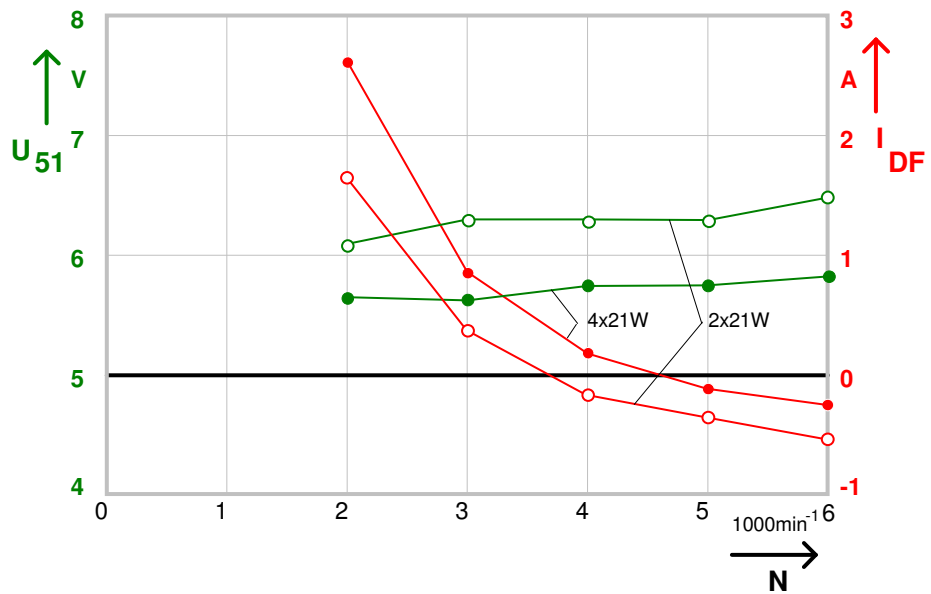
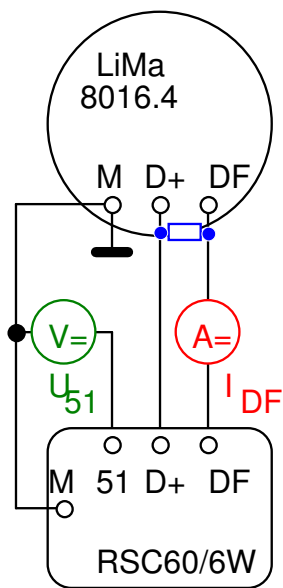
[1] Müller, Germar; Ponick, Bernd: Grundlagen elektrischer Maschinen, 9. Auflage 2006, WILEY-VCH Verlag Weinheim, S. 212



**Bild 3:** Remanenz- und Selbsterregung

**Geregelter Betrieb mit elektromechanischem Regler RSC60/6W**

Um den elektromechanischen Regler betreiben zu können, muss der **Erregerwicklungs-Vorwiderstand** (4,5 Ω) montiert sein.



**Bild 4:** Geregelter Betrieb mit elektromechanischen Regler bei 42 und 84 W Nennlast

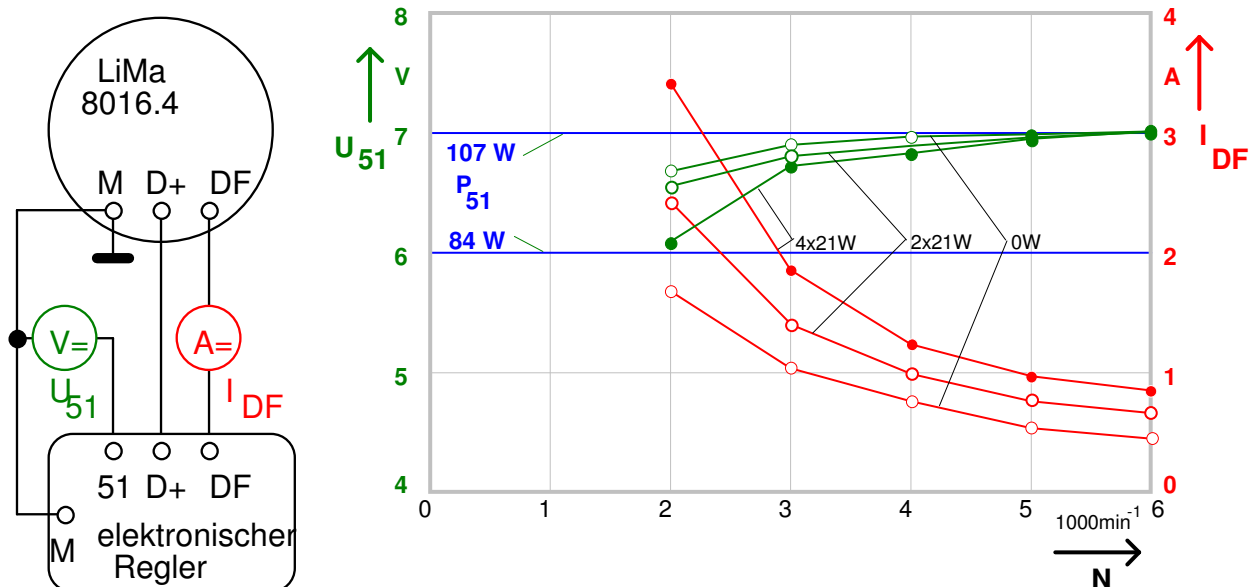
Der Strom in der Erregerwicklung setzt sich additiv aus dem (nicht erfassten) Strom durch den **Vorwiderstand** und dem aus dem Regler (DF) fließenden Strom zusammen. Über  $4000 \text{ min}^{-1}$  wird der anteilige Strom des Vorwiderstandes zu groß und der Reglerkontakt flattert in Richtung des innenliegenden Massekontaktes, so dass er Strom aus DF gegen Masse abführt. Dies erklärt, warum der DF-Reglerstrom bei hohen Drehzahlen negativ wird. Bei ca.  $4000 \text{ min}^{-1}$  ist der DF-Reglerstrom rund Null, der Reglerkontakt befindet sich in Schwebelage.

Gut zu erkennen ist die Lastabhängigkeit der geregelten Spannung beim elektromechanischen Regler. Die Grundeinstellung wurde statisch bei  $6,9 \text{ V}$  vorgenommen, bei  $42 \text{ W}$  Nennleistung liegen  $6,4 \text{ V}$  an Klemme (51) und bei  $84 \text{ W}$  Nennleistung nur noch  $5,8 \text{ V}$  an. Dies unterstreicht noch einmal die Tatsache, dass die Bordspannung beim mechanischen Regler unbedingt unter typischen Bedingungen (Last bei durchschnittlicher Drehzahl) justiert werden sollte und diese Bedingungen im Fahrbetrieb auch eingehalten werden sollten (z.B. Licht nicht ausschalten!).

### Geregelter Betrieb mit elektronischem Regler

Für das im Bild 5 wiedergegebene Kennlinienfeld wurde ein elektronischer Eigenbauregler angeschlossen. Der Regler arbeitet für Bleibatterien temperaturkompensiert und ermöglicht Anschließen aus der Remanenz heraus. Das Regelverhalten ab  $3000 \text{ min}^{-1}$  aufwärts ist kaum noch lastabhängig. Immerhin werden bei  $7 \text{ V}$  Spannung an der Klemme (51) real  $107 \text{ W}$  umgesetzt.

Das Diagramm verdeutlicht zudem, dass die  $6 \text{ V}$ -LiMa durchaus bei Verwendung eines leistungsfähigen elektronischen Reglers für den erhöhten Strombedarf im Gespannbetrieb geeignet ist. Bei knapp  $110 \text{ W}$  Leistungsabgabe schwankt der Feldstrom drehzahlabhängig zwischen einem und reichlich  $3 \text{ A}$ . Auf Grund der guten Spannungskonstanz ist der Einsatz moderner Vliesbatterien ohne weiteres möglich.



**Bild 5:** Geregelter Betrieb mit elektronischen Regler bei 0, 42 und 84 W Nennlast

Während der Messung konnte die aktuelle Leistungsaufnahme der gesamten Anlage bestimmt werden. Bei  $6000 \text{ min}^{-1}$  waren das im unbelasteten Betrieb  $225 \text{ W}$ , bei ca.  $110 \text{ W}$  Nutzleistung nahm die Anlage  $470 \text{ W}$  auf, dies ergibt einen differenzbasierten Wirkungsgrad der LiMa von  $110\text{W}/245\text{W} = 45 \%$ .

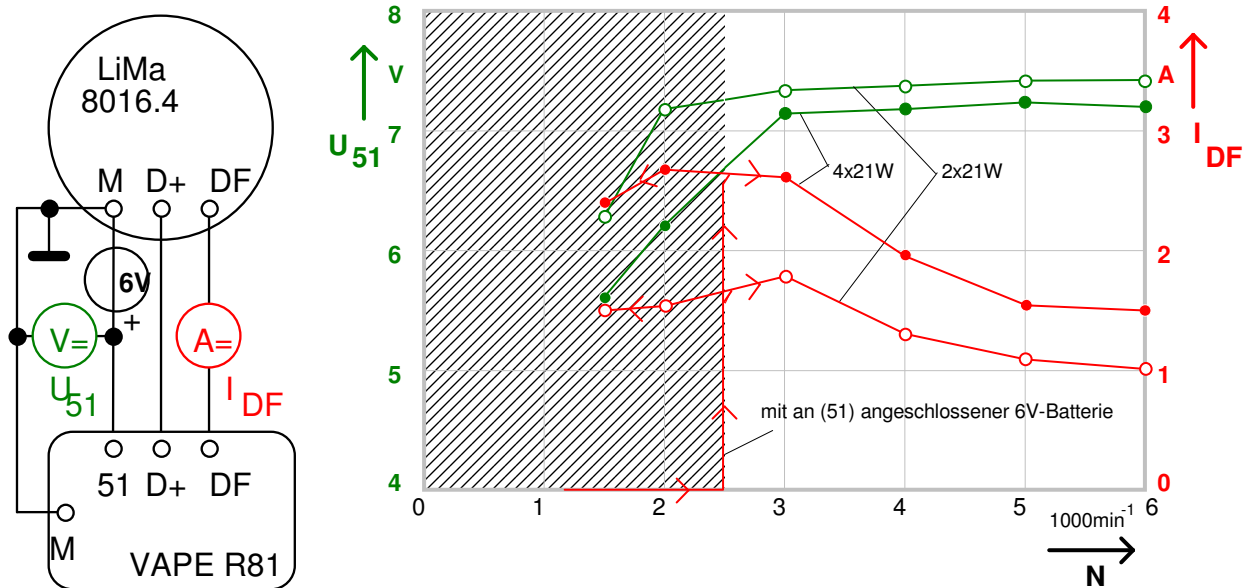
### Geregelter Betrieb mit elektronischen Regler VAPE R81

Der an der LiMa getestete VAPE Regler R81 weist einige Merkwürdigkeiten auf. Bei einer vorangegangenen statischen Messung wurde bereits festgestellt, dass erst bei Spannungen  $>1,8 \text{ V}$  ein merklicher Strom aus der DF-Klemme des Reglers kommt.

Das schließt demnach einen Anschiebebetrieb (wie bei den meisten handelsüblichen Reglern auch) von vornherein aus.

Es war zunächst ein Rätsel, wie der Regler bei einer remanent erregten Spannung von höchstens  $1 \text{ V}$  überhaupt zu arbeiten beginnen kann, wenn er mindestens  $1,8 \text{ V}$  für den eigenen Start braucht. Es zeigte sich, dass dem wirklich so war: Der Regler initialisierte sich nicht selbst.

Die spontane Idee, an der Klemme (51) eine  $6\text{V}$ -Batterie anzuschließen, damit er die gleichen Bedingungen wie im Fahrzeug vorfand, war schließlich die Lösung.



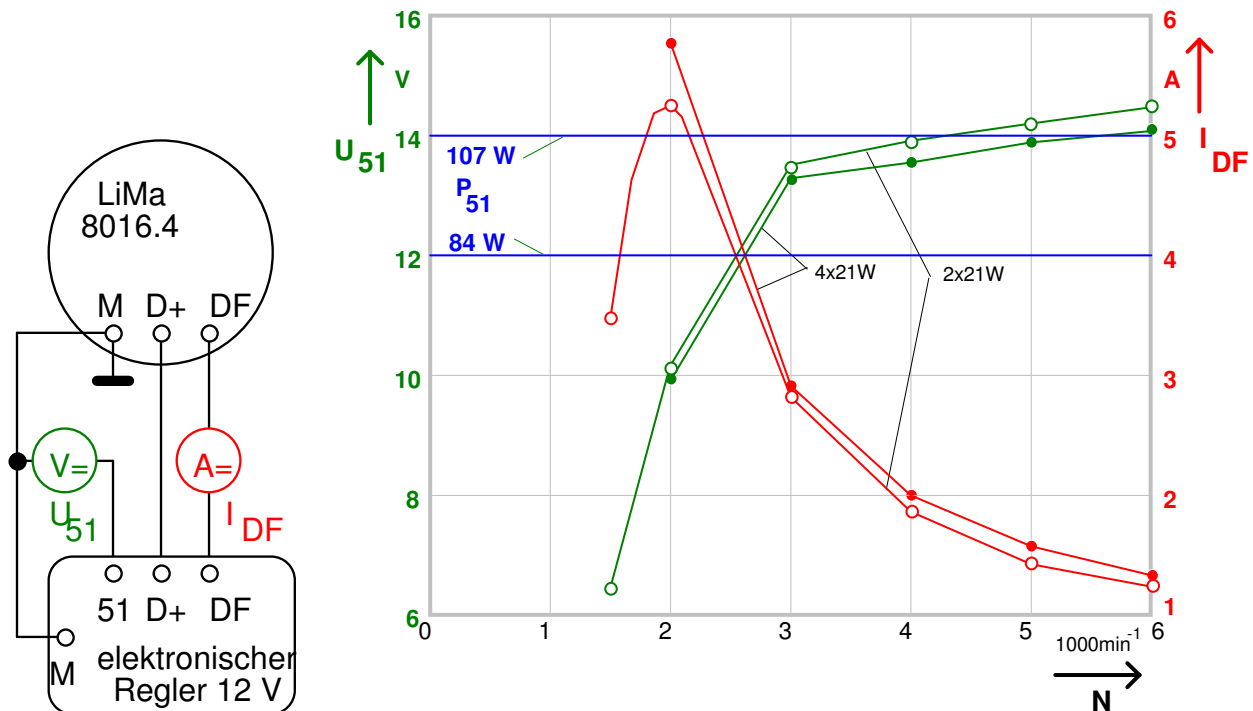
**Bild 6:** Geregelter Betrieb mit elektronischen Regler VAPE R81 bei  $42 \text{ W}$  und  $84 \text{ W}$  Nennlast **UND** angeschlossener  $6\text{V}$ -Batterie

Aber auch mit angeschlossener Batterie „sprang“ er erst bei ca.  $2500 \text{ min}^{-1}$  an. D.h., nach Motorstart müssen kurzzeitig einmal  $2500 \text{ min}^{-1}$  erreicht werden, dass die LKL ausgeht. Das wird nach dem Antreten und den dabei üblichen kurzen Gasstößen in der Regel der Fall sein. Verringert man die Drehzahl von „oben“ kommend unter die kritischen  $2500 \text{ min}^{-1}$ , dann „bleibt er am Leben“ und knickt erst bei deutlich unter  $2000 \text{ min}^{-1}$  ein.

Diese bei dem untersuchten Exemplar des VAPE R81 gefundene Initialisierungsschwäche wurde übrigens von einem Teil der nach ihren Erfahrungen befragten Nutzern bestätigt.

## Auf 12 V hochgeregelter Betrieb mit elektronischem Regler

Seit geraumer Zeit gibt es gute Erfahrungen mit auf 12 V hochgeregelten 6V-LiMas. Ein solcher Fall wurde im Rahmen der Messungen ebenfalls untersucht.



**Bild 7:** Hochgeregelter Betrieb mit elektronischen 12V-Regler bei 42 und 84 W Nennlast

Aus der Selbsterregungskurve (Bild 3) folgt, dass man bei einer 6V-Anlage frühestens ab  $1300 \text{ min}^{-1}$  mit der Leistungsübernahme der LiMa von der Batterie, bei der 12V-Hochregelung erst oberhalb von  $1900 \text{ min}^{-1}$  rechnen kann. Praktisch geschieht das bei dem hier eingesetzten elektronischen Regler ab etwa  $2700 \text{ min}^{-1}$ . Die Grenze für die Lastübernahme durch die LiMa verschiebt sich – grob abgeschätzt – um  $1000 \text{ min}^{-1}$  gegenüber der 6V-Regelung nach oben.

Der Anker wird strommäßig entlastet, da bei gleicher Leistungsentnahme nur der halbe Strom fließt. Jedoch haben die Kohlebürsten dabei die doppelte Spannung zu kommutieren. Welche Auswirkungen das haben könnte – positive oder negative -, ist zunächst noch unbekannt.

Zu bedenken ist jedoch die Tatsache, dass sich bei Drehzahlen um  $2000 \text{ min}^{-1}$  der Strom durch die Feldwicklung gegenüber dem 6V-Fall verdoppelt, das bedeutet 4fache Verlustleistung im Stator. Rechnet man im 6V-Betrieb mit maximal 6 V an  $1,5 \Omega$ , also 4 A und 24 W, wären das bei der 12V-Anlage im Maximum schon 8 A und 96 W.

Auf der anderen Seite sollte auch geprüft werden, ob der „hochgezogene“ Regler den doppelten Strom an DF auf Dauer treiben kann.