

# Kraftfahrzeugtechnologie

## Elektrik / Elektronik

### Drehstromgenerator

#### Inhalt

- Ladekontrollleuchte eines Drehstromgenerators als Glühlampe
- Ladekontrollleuchte eines Drehstromgenerators als Leuchtdiode LED
- Aufgabe der Ladekontrollleuchte
- Leistung der Ladekontrollleuchte
- Besonderheiten
- Bewandnis des parallel geschalteten Nebenwiderstandes  $R_N$  zur LED und Vorwiderstand
- Kurzdiagnose
- Oberwelligkeitsaufnahme der Generatorgleichrichtung mit dem Oszilloskop

## Ladekontrollleuchte eines Drehstromgenerators

- 1.) Warum muss die Ladekontrollleuchte eines Drehstromgenerators eine bestimmte Leistung haben?

Drehstromgeneratoren sind zwar als selbsterregende Maschinen konzipiert, jedoch können sie, ohne dass ein Strom bei Zündung ein durch die Feldwicklung fließt, in sich keine Spannung erzeugen/induzieren.

Hintergrund:

Das Material des Klauenpollläufers, in dem sich die Feldwicklung befindet, besteht aus einem weichmagnetischen Werkstoff.

Dieser Werkstoff verliert seinen Magnetismus, sobald die Energie (elektrischer Stromfluss), die zum Aufmagnetisieren benötigt wurde, zurückgenommen wird.

Um ein Magnetfeld in der Feldwicklung zu erzeugen, lässt man einen Strom aus der Batterie durch die Ladekontrollleuchte und die Feldwicklung fließen (Fremderregung). Diese Stromstärke muss so groß sein, dass dadurch ein so starkes Magnetfeld in der Feldwicklung erzeugt werden kann, dass der Generator bei angemessener Drehzahl in sich eine Spannung erzeugen kann, die mindestens  $2 \times 0,7 \text{ V}$  groß ist.

Ist die Leistung der Ladekontrollleuchte zu klein, fließt ein zu geringer Vorerregerstrom. Je kleiner die Leistung einer Glühlampe ist, umso höher ist ihr Widerstand.

Sie muss also deshalb eine bestimmte Leistung haben, um so einen großen Strom (Vorerregerstrom) fließen zu lassen, der so ein starkes Magnetfeld in der Feldwicklung erzeugt, dass dadurch der Generator bei angemessener Drehzahl mindestens eine Spannung von  $2 \times 0,7 \text{ V}$  erzeugen kann.

Gleichung für die Spannungserzeugungsart -Induktion der Bewegung-

$$U_i = B \cdot l \cdot v \quad \left[ \frac{\cancel{\text{Vs} \cdot \cancel{\text{m}} \cdot \cancel{\text{m}}}}{\cancel{\text{m}^2} \cdot \cancel{\text{s}}} \right] = \text{V}$$

Die Höhe der induzierten Spannung  $U_i$  [V] ist abhängig:

- |       |                                                                             |   |                      |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|---|----------------------|
| 1.    | magnetische Flussdichte                                                     | B | [Vs/m <sup>2</sup> ] |
| 2.    | Leiterlänge, die dem Magnetfeld ausgesetzt ist                              | l | [m]                  |
| 3.    | Geschwindigkeit, mit dem der Leiter das Magnetfeld schneidet oder umgekehrt | v | [m/s]                |
| $U_i$ | induzierte Spannung                                                         |   | [V]                  |

Siehe auch [www.horst-weinkauf.de](http://www.horst-weinkauf.de), Fachtechnologie/Induktionsarten

2.) Welche Aufgabe erfüllt die Ladekontrollleuchte bei/in einem Drehstromgenerator?

Sie erfüllt im Grunde genommen zwei Aufgaben:

1. Man lässt durch sie einen Strom (Vorerregerstrom) fließen, der in der Feldwicklung ein Magnetfeld erzeugt, das bei Drehbewegung des Motors und damit bei Drehbewegung des Klauenpolläufers die feststehenden, um  $120^\circ$  versetzten, Spulen der Ständerwicklung schneidet. Durch diese Drehbewegung wird jetzt in den Spulen eine Spannung induziert.  
Man kann dieses nicht unbedingt als Aufgabe bezeichnen, hier dient sie als Mittel zum Zweck.
2. Sie dient als Indikatoranzeige (Zustandsanzeige) für eine ausreichende Spannungserzeugung des Generators gegenüber der Batteriespannung. Erzeugt der Generator eine gleich hohe Spannung wie die momentane Batteriespannung, erlischt die Ladekontrollleuchte.

**Hintergrund:**

Es liegt jetzt von beiden Seiten der Ladekontrollleuchte das gleiche positive Potenzial an, keine Potenzialdifferenz, kein Stromfluss, dadurch kein Leuchten der Ladekontrollleuchte.

Ist allerdings die erzeugte Generatorspannung kleiner als die Batteriespannung, entsteht eine Potenzialdifferenz an der Ladekontrollleuchte, sie leuchtet auf.

Auch leuchtet die Ladekontrollleuchte dann auf, wenn die Generatorspannung höher als die Batteriespannung wird.

**Kurzum:**

Ein Aufleuchten der Ladekontrollleuchte lässt nicht unbedingt auf einen Defekt am Generator schließen.

Eine dritte Aufgabe/Diagnose lässt sich im gewissen Sinn aus einer leuchtenden Ladekontrollleuchte bei Zündung ein, ableiten.

Man kann über das Aufleuchten, der Ladekontrollleuchte bei Zündung ein, Rückschlüsse auf den Stromkreis ziehen. Wenn sie aufleuchtet, kann man von einem intakten Stromkreis zwischen Ladekontrollleuchte, Leitung zum Generator, Anschluss D+, Pluskohlebürste, Feldwicklung, Minuskohlebürste, Regler, Anschluss D- und Masse Kl. 31 schließen.

Leuchtet sie, ist er intakt.

Sollte allerdings die Leitung zwischen Ladekontrollleuchte und Generatoranschluss D+ einen Masseschluss haben, leuchtet die Ladekontrollleuchte selbstverständlich auch auf, dabei fließt dann selbstverständlich auch kein Vorerregerstrom.

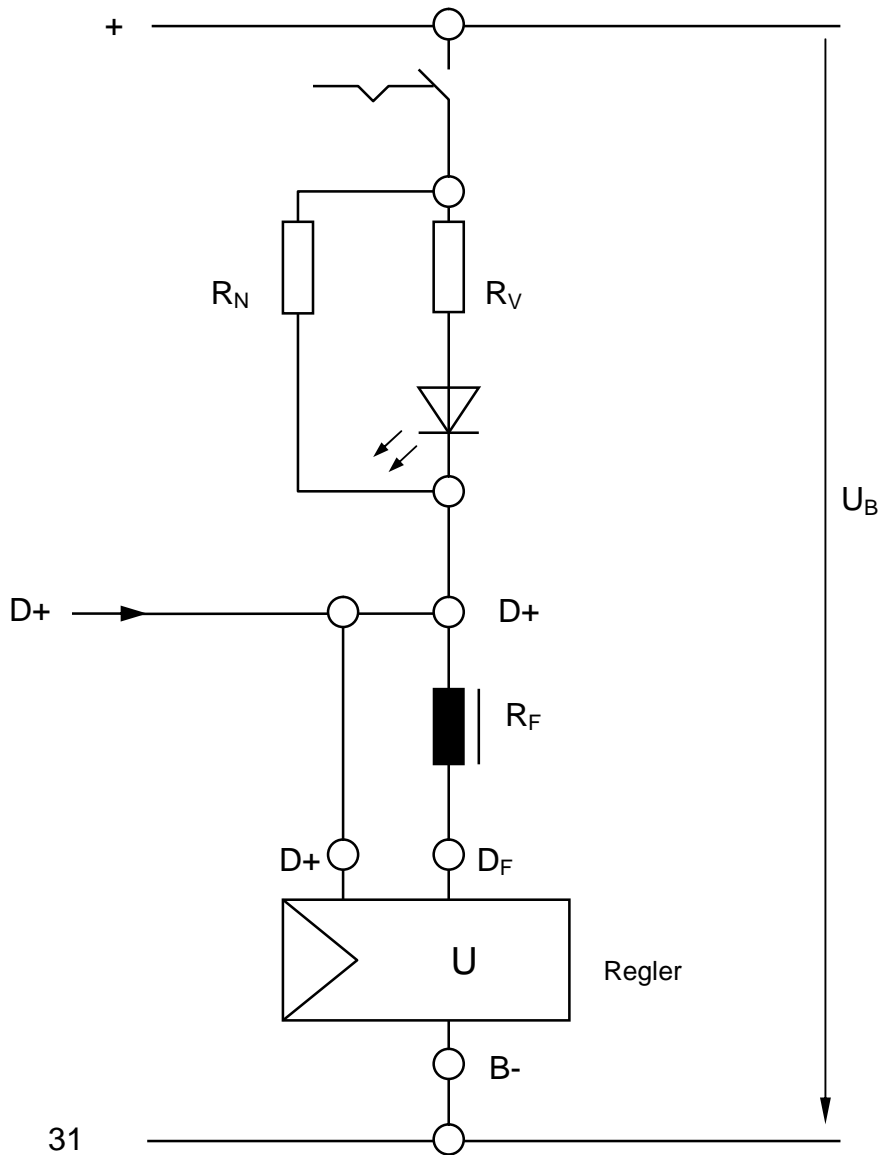
Kein Vorerregerstrom, keine Spannungserzeugung. Die Ladekontrollleuchte bleibt bei Motorlauf permanent an.

**Schnellprüfung:**

Einfach den Stecker am Generator D+ abziehen, Zündung ein, Ladekontrollleuchte muss erlöschen. Wenn sie nicht erlischt, hat die Leitung wohl einen Masseschluss.

Wenn die Ladekontrollleuchte, bei Zündung ein, nicht leuchtet: Stecker D+ am Generator abziehen, Zündung einschalten, abgezogenen Stecker D+ auf Masse legen  $\Rightarrow$  Ladekontrollleuchte muss aufleuchten. Wenn nicht, liegt eine Stromkreisunterbrechung von Stecker D+ bis Zündstartschalter Kl. 15 vor, eventuell ist die Glühlampe defekt.

Abb.: 1 Ladekontrollleuchte in Form einer Leuchtdiode

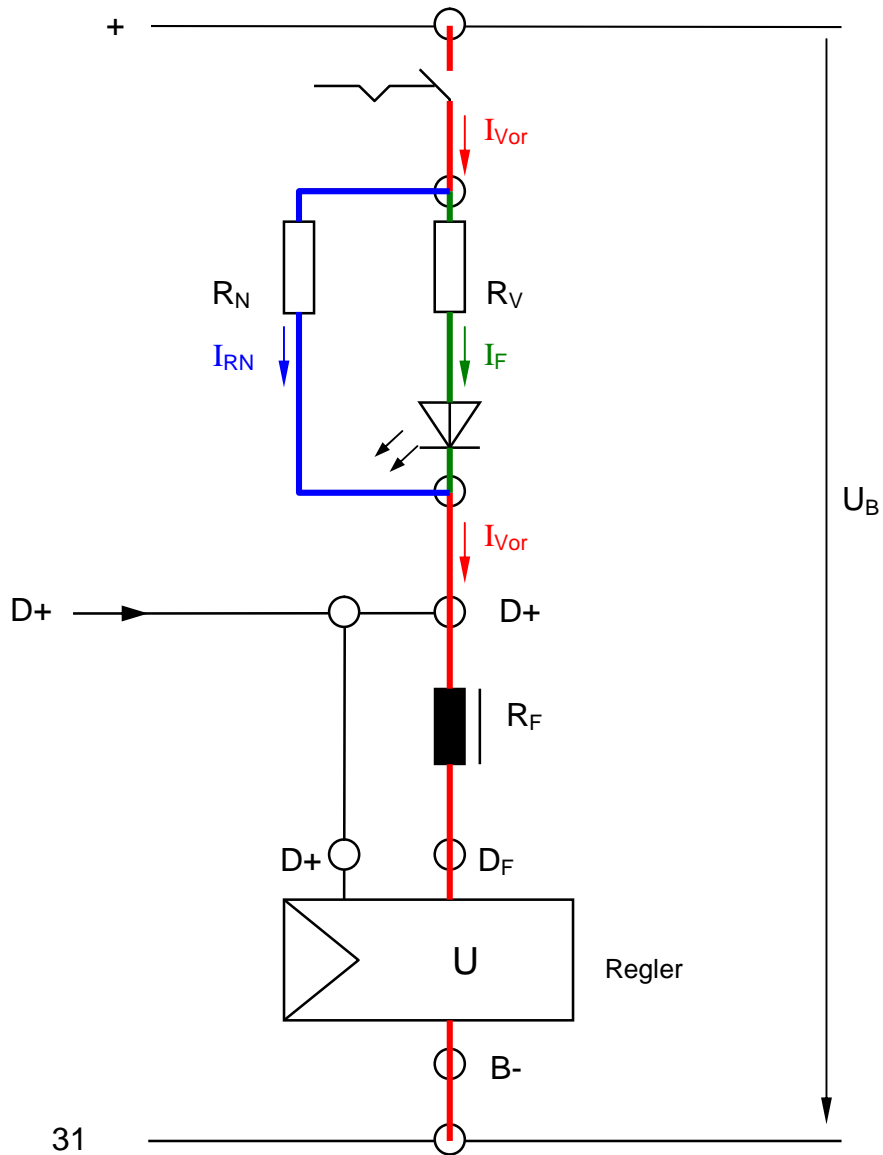


Bei dem oben gezeichneten Stromlaufplan handelt es sich um einen minusseitig geregelten Generator.

**Erkennung der minusseitigen Regelung:**

Das eine Leitungsende der Feldwicklung  $R_F$ , Klemme  $D_+$ , liegt permanent auf Pluspotenzial (Kl. 15 oder Pluspotenzial von  $D_+$ ), das andere Ende der Feldwicklung  $R_F$ , Klemme  $D_F$ , wird durch den Regler nach Bedarf und Erfordernis, auf Minuspotenzial geschaltet.

Abb.: 1.1 Ladekontrollleuchte in Form einer Leuchtdiode, fließende Ströme bei Zündung ein



- Vorerregerstrom  $I_{Vor}$
- Stromfluss durch den Nebenwiderstand  $I_{RN}$
- Stromfluss durch die Leuchtdiode  $I_F$

Abb.: 1.2 Tabelle 1 Erläuterungen zur -Abb.: 1 Ladekontrollleuchte in Form einer Leuchtdiode- und -Abb.: 1.1 Ladekontrollleuchte in Form einer Leuchtdiode, fließende Ströme bei Zündung ein-

Bezeichnung	Benennung	Einheit
B-	Generatorklemme Batterie Minus	-
D+	Generatorklemme Dynamo Plus	-
D <sub>F</sub>	Generatorklemme Dynamo Feld	-
I <sub>F</sub>	Vorwärtsstrom LED	[A]
I <sub>Vor</sub>	Vorerregerstrom	[A]
I <sub>RN</sub>	Stromfluss durch den Nebenwiderstand	[A]
R <sub>F</sub>	Widerstand Feldwicklung	[Ω]
R <sub>V</sub>	Vorwiderstand	[Ω]
R <sub>N</sub>	Nebenwiderstand	[Ω]
U <sub>B</sub>	Betriebsspannung	[V]

### Einbau einer Ladekontrollleuchte in Form einer Leuchtdiode LED, Bewandtnis

#### Vorteil:

- Leuchtdioden zeichnen sich durch eine kleine Verlustleistung aus. Das heißt, sie erzeugen eine nicht so große Wärme, gegenüber Glühlampen. Die abstrahlende Wärme der LED wirkt sich nicht negativ auf benachbarte elektronische Komponenten aus.  
Auch werden die Leiterplatten durch den niedrigen Vorwärtsstrom I<sub>F</sub> der LED nicht in Mitleidenschaft gezogen.
- Sie zeichnen sich durch eine hohe mechanische Stabilität aus. Es existieren innerhalb der Leuchtdiode keine beweglichen Wolframdrahtleitungen, wie sie in einer Glühlampe vorhanden sind. In ihr ist ein fest eingebauter, implantierter PN – Übergang vorhanden.

### **Wirkungsweise einer LED als Ladekontrollleuchte, Bewandnis des Nebenwiderstandes:**

Wenn man den Vorteil des geringen Vorwärtsstroms  $I_F$  auch für wünschenswert halten kann, ist er doch für das Funktionieren des Drehstromgenerators ein Hemmnis. Drehstromgeneratoren benötigen ultimativ einen bestimmten hohen Stromfluss durch die Feldwicklung, um ein ausreichendes Magnetfeld zu erzeugen. Der typische Vorwärtsstrom  $I_F$  durch eine LED ist als Vorerregerstrom zu niedrig, um ein so starkes Magnetfeld in der Feldwicklung zu erzeugen, dass der Drehstromgenerator in sich eine Spannung erzeugen kann, die mindestens  $2 \times 0,7 \text{ V}$  groß ist, um in die Selbsterregung zu gelangen. Aus diesem Grund hat man zum Vorwiderstand  $R_V$  für die LED und der LED einen Widerstand, Nebenwiderstand  $R_N$ , parallel geschaltet. Durch den Nebenwiderstand  $R_N$  wird in keinsten Weise das Schaltverhalten der Leuchtdiode beeinflusst. Allerdings wird jetzt der Vorerregerstrom  $I_{\text{vor}}$  durch den Stromfluss  $I_{R_N}$  durch den Nebenwiderstand  $R_N$  auf eine Größe angehoben, die ein so starkes Magnetfeld in der Feldwicklung aufbaut, dass dadurch der Generator jetzt die geforderte Spannung von  $2 \times 0,7 \text{ V}$  bei angemessener Drehzahl induzieren kann, um in die Selbsterregung gelangen zu können. Auch hat der Nebenwiderstand noch den Vorteil, dass bei Ausfall (Unterbrechung des Leuchtdiodenstromkreises) immer noch ein Vorerregerstrom fließen kann, der ein ausreichendes Magnetfeld in der Feldwicklung generieren kann.

Manche Hersteller bauen auch bei einer Ladekontrollleuchte in Form einer Glühlampe, einen Nebenwiderstand zur Ladekontrollleuchte ein. Auch dieses mit dem Hintergrund, bei einem Ausfall der Ladekontrollleuchte (Glühlampe defekt), ist immer noch eine Vorerregung möglich, je nach Nebenwiderstandsgröße, eine etwas kleinere Stromstärke, aber durch die Erhöhung der Drehzahl, durch die jetzt höhere Schnittgeschwindigkeit, gelangt der Drehstromgenerator auch in die Selbsterregung.

### **Stromverlauf Ladekontrollleuchte als LED:**

**-Abb.: 1.1 Ladekontrollleuchte in Form einer Leuchtdiode, fließende Ströme bei Zündung ein-**

Zündstartschalter Klemme 15  $\Rightarrow$  Vorwiderstand  $R_V$  für LED  $\Rightarrow$  Leuchtdiode  $\Rightarrow$  Nebenwiderstand  $R_N \Rightarrow$  Generatorklemme D+  $\Rightarrow$  Feldwicklungseingang  $R_F \Rightarrow$  Feldwicklungsausgang  $R_F$  Reglerklemme D<sub>F</sub>  $\Rightarrow$  Regler  $\Rightarrow$  Reglerklemme D- oder auch Klemme B-  $\Rightarrow$  Masse Klemme 31.

### **Anmerkung, Tipp 1:**

Das Vorgenannte trifft auf Drehstromgeneratoren zu, die eine Ladekontrollleuchte besitzen, die in den Generatorstromkreis konventionell (Vorerregerstromfluss über die Ladekontrollleuchte) eingebunden ist. Für Fahrzeuge mit BSD – Anschluss (Bitserielle Datenbus Schnittstelle, Kommunikationsmöglichkeit zwischen Drehstromgeneratorregler und Motronicsteuergerät) am Drehstromgenerator und CAN – Bus, treffen die oben genannten Aufgaben im engeren Sinn nicht mehr zu. Bei diesen Drehstromgeneratoren wird der Vorerregerstrom direkt am Drehstromgenerator über die Drehstromgenerator-klemme B+ abgegriffen.

### **Stromverlauf Vorerregerstrom bei Generatoren mit BSD, fließt bei dem Status: Zündung ein:**

Klemme B+  $\Rightarrow$  Feldwicklungseingang  $\Rightarrow$  Feldwicklungsausgang Reglerklemme D<sub>F</sub>  $\Rightarrow$  Regler  $\Rightarrow$  Generatorklemme B-  $\Rightarrow$  Masse Klemme 31.

Die Information über die Höhe der Regulierspannung wird dem Motronicsteuergerät vom Regler über die BSD mitgeteilt, das Motronicsteuergerät setzt diese Information ins CAN – Netz, adressiert an das Kombiinstrument „Regulierspannung erreicht, schalte die Ladekontrollleuchte aus“. Das heißt, die Ladekontrollleuchte ist zwar vorhanden, dient aber nicht mehr als Widerstand, um den Vorerregerstrom zu begrenzen/bestimmen.

Generatorfehler werden über die BSD dem Motronicsteuergerät mitgeteilt, über einen Diagnosetester ist es jetzt möglich den Fehlerspeicher im Motronicsteuergerät, bezüglich des Drehstromgenerators, auszulesen.

### 3.) Weshalb erlischt die Ladekontrollleuchte nach dem Erreichen der Regulierspannung?

Ist die Vorerregung (Magnetfeld in der Feldwicklung stark genug) kann der Generator die geforderten  $2 \times 0,7$  V erzeugen. Dadurch geht er in die Selbsterregung. Er induziert also jetzt eine Spannung in den Ständerwicklungen, die die angeschlossenen Verbraucher mit Spannung versorgt und auch die Batterie nach Spannungshöhe lädt. Diese Spannung liegt über den Pluspol der Batterie als Klemme 30 am Zündstartschalter an. Der Zündstartschalter gibt dieses Potenzial als Klemme 15 an die Ladekontrollleuchte weiter. Dieses weitergegebene positive Potenzial an der Ladekontrollleuchte von der Zündstartschalterseite hat also die gleiche Höhe, wie das positive Potenzial, welches von der Generatorklemme D+ an die Ladekontrollleuchte von der Generatorseite an die Ladekontrollleuchte gelegt wird. Da beide Potenziale gleich groß sind, existiert keine Potenzialdifferenz an der Ladekontrollleuchte. Keine Potenzialdifferenz, kein Stromfluss, kein Leuchten der Ladekontrollleuchte.



4.) Weshalb erlischt die Ladekontrollleuchte erst nach erhöhter Leerlaufdrehzahl?

Über die Ladekontrollleuchte fließt der Vorerregerstrom, der in der Feldwicklung ein Magnetfeld erzeugt, welches so stark sein muss, dass dadurch der Generator eine Spannung erzeugen kann, die mindestens  $2 \times 0,7 \text{ V}$  groß sein muss, um in die Selbsterregung zu gelangen.

Wenn nun also dieser Stromfluss zu gering ist, wird durch die Erhöhung der Drehzahl die Schnittgeschwindigkeit so groß, dass dadurch der Generator die geforderte Spannung von  $2 \times 0,7 \text{ V}$  erzeugen kann. Danach benötigt er keinen Vorerregerstrom mehr, da er jetzt den notwendigen und erforderlichen Erregerstrom aus dem eigenen Netz „bezieht“ = selbsterregender Drehstromgenerator.

Als Ursache für das Erlöschen der Ladekontrollleuchte, erst bei erhöhter Drehzahl, muss ein zu geringer Vorerregerstrom angenommen werden.

Die Gründe dafür können sein:

- falsche Ladekontrollleuchtenleistung (Leistung zu klein)
- Patina (Oxidschicht) auf den Schleifringen, sie muss erst „abgeschliffen“ werden
- Litzenbruch in der Leitung von der Ladekontrollleuchte zum Regler, dadurch erhöhter Widerstand
- durch Vibration hat sich der Stecker am Anschluss D+ am Generator geweitet, dadurch erhöhter Widerstand
- Schleifringe am Klauenpolläufer sind verschlissen
- Kohlebürstenfederdruck nicht mehr groß genug
- Kohlebürsten verschlissen
- nach einer Reparatur falsche Keilriemenscheibe verbaut (zu großer Durchmesser)
- Generatorregler selbst ist defekt

#### **Anmerkung, Tipp 2:**

Generell kann gesagt werden, dass sich im Vorerregerstromkreis Übergangswiderstände gebildet haben. Diese Übergangswiderstände werden durch eine höhere Drehzahl (Schnittgeschwindigkeit) kompensiert.

5.) Weshalb glimmt die Ladekontrollleuchte beim Laufen des Motors und wird bei Zunahme der Drehzahl immer heller?

Als Schadensereignis kann von einer kurzgeschlossenen Erregerdiode ausgegangen werden.

Ist eine Erregerdiode kurzgeschlossen, richtet sie die Wechselspannung und damit auch den Wechselstrom des Drehstromgenerators für den Erregerstromkreis nicht mehr gleich. Sie lässt jetzt auch die negative Halbwelle passieren.

Damit gelangt bei Zunahme der Drehzahl, die negative Halbwelle pro Zeiteinheit immer öfter an den Generatoranschluss D+. Dieses negative Potenzial lässt jetzt eine Potentialdifferenz an der Ladekontrollleuchte entstehen, die dazu führt, dass die Ladekontrollleuchte mit Zunahme der Drehzahl immer heller leuchtet.

Dieses Schadensereignis ruft auch einen kleineren Erregerstrom hervor, der die Leistungsabgabe des Drehstromgenerators schmälert.

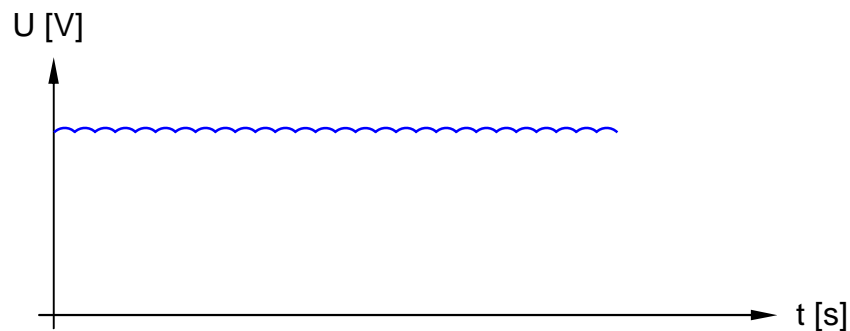
**Diagnose des Schadensereignisses, Erregerdiode hat einen Kurzschluss:**

Mit dem Oszilloskop die Oberwelligkeit des Drehstromgenerators an der Klemme D+ gegen Klemme B-, oder auch gegen Klemme 31, aufnehmen. Messen Sie grundsätzlich die Oberwelligkeit an der Klemme D+ gegen Klemme B- oder Klemme 31.

Anschlussschema, siehe –Abb.: 3 Stromlaufplan Drehstromgenerator mit elektronischem Regler, Anschlussschema Oszilloskop, zur Aufnahme der Oberwelligkeit-, Seite 10.

Schließen Sie das Oszilloskop nicht an die Klemme B+ gegen B-, oder Klemme 31 an. Die Pufferwirkung der Batterie verfälscht Ihnen das Ergebnis so, dass Sie keine eindeutige Diagnose stellen können.

Abb.: 2 Intaktes Oberwelligkeitssignal eines Drehstromgenerators



**Anmerkung, Tipp 3:**

Treten kleine Nadelspitzen nach oben oder unten auf, handelt es sich hierbei um das Reglerverhalten. Durch das Ein- und Ausschalten des Erregerstroms, wird jedes Mal eine Induktionsspannung erzeugt, die in das Bordnetz übertragen wird.

Auch kann man bei einem Ottomotor, in regelmäßigen Abständen, kurze Nadeln mit einem Ausschlag nach oben feststellen. Hierbei handelt es sich um die Zündspannungsnadeln, die an den Zündkerzen der einzelnen Zylinder entstehen.

Abb.: 3 Stromlaufplan Drehstromgenerator mit elektronischem Regler, Anschlusschema Oszilloskop, zur Aufnahme der Oberwelligkeit

