

Der elektronische Drehzahlmesser in den ersten Rotaxmodellen

Verschiedentlich wurde in **mz-forum.com** über falsche Anzeigewerte oder chaotische Schwankungen der Anzeige des elektronischen Drehzahlmessers (DZM) in den ersten Rotaxmodellen (MZ500R u.ä.) berichtet. Dies betrifft den DZM-Typ, der direkt an einer der drei Phasen der Drehstrom-Lichtmaschine angeschlossen ist. Bei späteren Rotax-Modellen, bei denen das Signal für den DZM von der Zündbox abgenommen wurde, tritt dieser Effekt nicht mehr auf.

Der DZM stammt von der Firma CEV (Italien), die inzwischen zu ZADI gehört. Weder von MZ noch von den italienischen Firmen waren Dokumentationen oder Schaltpläne zum DZM zu bekommen.

Der Drehzahlmesser ist seinem Wirkprinzip nach ein Frequenzmesser. Dreht der Motor beispielsweise mit **3000 Umdrehungen pro Minute** = 50 Rotorumdrehungen pro Sekunde, so entsteht eine Frequenz von **6 x 50** pro Sekunde = **300 Hz**, weil je Rotorumdrehung durch die Anordnung der Permanentmagnete in der LiMa **sechs** vollständige Sinusperioden erzeugt werden. Der DZM zeigt demnach bei einer Eingangsfrequenz von 300 Hz die Drehzahl 3000min^{-1} an.

N [min ⁻¹]	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
Frequenz der Phase	100 Hz	200 Hz	300 Hz	400 Hz	500 Hz	600 Hz	700 Hz	800 Hz

Das lässt sich leicht mit einem Tonfrequenzgenerator testen: Wir ziehen das DZM-Kabel unter der Sitzbank ab und speisen eine Frequenz von genau 300 Hz mit einer Spannung von mindestens 7V (effektiv) ein. Voraussetzung dafür ist, dass die Zündung eingeschaltet ist, damit der DZM die erforderliche Betriebsspannung von der Batterie bekommt. Jede Frequenzänderung um 100 Hz bewirkt eine Anzeigeänderung um 1000min^{-1} . Demnach kann dieser DZM-Typ auch nicht an irgendeiner anderen Stelle, z.B. an der Zündbox angeschlossen werden, weil sich das „elektrische Übersetzungsverhältnis“ um den Faktor 6 unterscheidet.

Anschluss DZM an Phase: $N [\text{min}^{-1}] = 10 f [\text{Hz}]$

Verändert man bei dieser Messung die angelegte Spannung, darf sich die Anzeige nicht ändern, da es ja nur auf die Frequenz ankommt und nicht auf den Spannungswert. Allerdings kommt es bei Unterschreitung eines Minimums zu einem abrupten Rückgang auf Null, weil die Eingangsspannung für die korrekten Betrieb der Elektronik des DZM nicht mehr ausreicht.

Diese minimal erforderliche Spannung wurde am selben Fahrzeug ermittelt und ist im Bild 1 dargestellt. Mit steigender Frequenz, d.h. mit steigender Drehzahl wird auch die erforderliche Mindestspannung größer. Würde die Charakteristik entsprechend der gestrichelten Linie weiter verlaufen, so muss oberhalb von 8000min^{-1} damit gerechnet werden, dass die Anzeige auf Null zurückspringt, da die Eingangsspannung nicht mehr ausreicht. An einer Phase der LiMa treten (durch den Regler-Gleichrichter begrenzt) maximal $16V_{pp}$ (pp = Spitze-Spitze-Wert) auf, was auf Grund der Rechteckform etwa 8V effektiv entspricht.

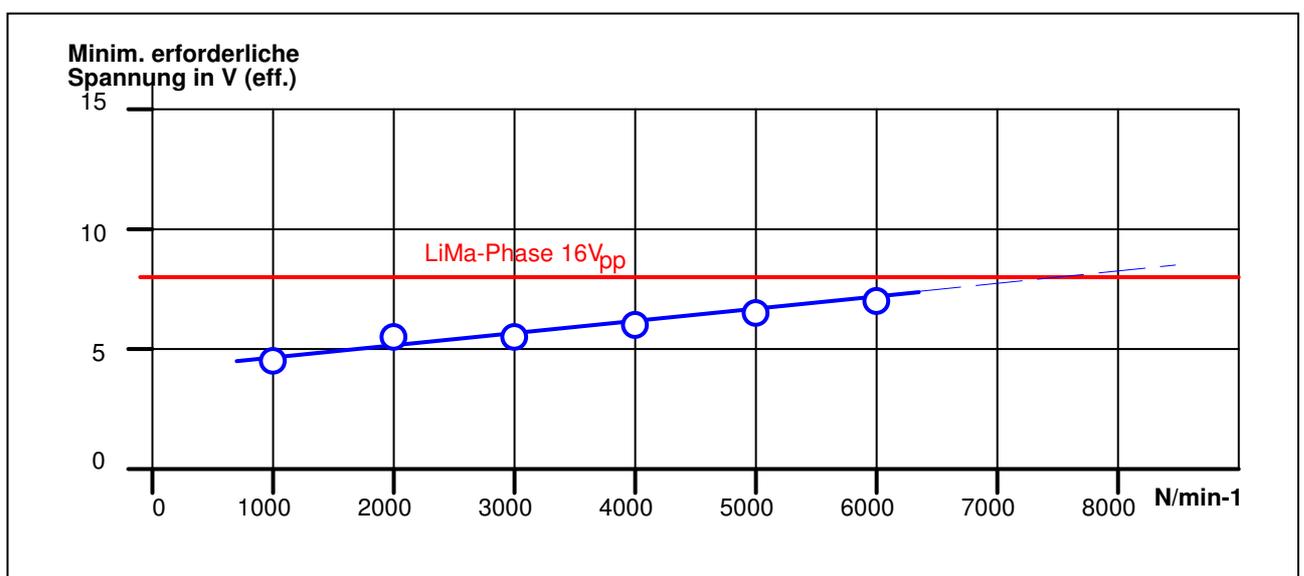


Bild 1: Minimal erforderliche Spannung für stabile DZM-Anzeige über der Drehzahl

Nach vorliegenden Erfahrungen tritt aber die Instabilität der Anzeige schon bei niedrigeren Drehzahlen auf. Das ist damit zu erklären, dass der Schaltregler im Bedarfsfall jede Phase gegen Masse kurzschließt, wenn die gleichgerichtete Spannung im Bordnetz 12V zu überschreiten droht. Im Oszillogramm Bild 2 wurde ein typischer Spannungsverlauf an zwei Phasen aufgezeichnet.

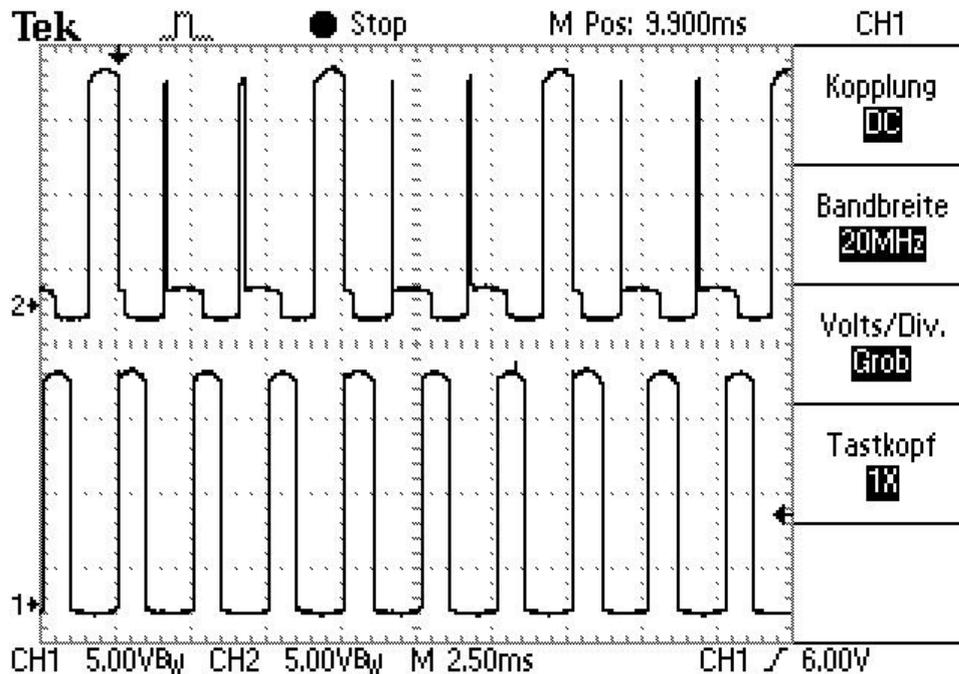


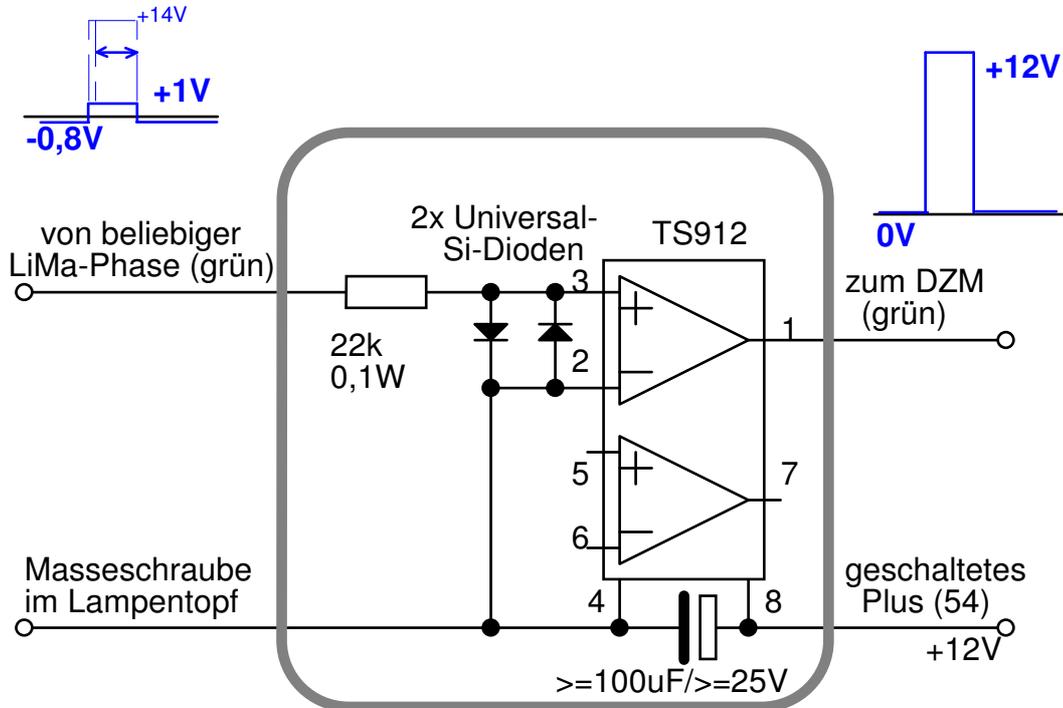
Bild 2: Oszillografische Aufzeichnung des Spannungsverlaufes an zwei der drei LiMa-Phasen über der Zeit bei etwa 4500min^{-1} . (Spannungsmaßstab vertikal: 5V/cm , Zeitmaßstab horizontal: $2,5\text{ms/cm}$.)

Beim oberen Spannungsverlauf werden die Halbwellen bereits mehr oder weniger früh gegen Null geschaltet, mitunter bleiben nur noch dünne Nadeln stehen. Es ist verständlich, dass der DZM an dieser LiMa-Leitung fehlerhaft arbeiten wird. Nur jede dritte Halbwelle ist einigermaßen gut ausgebildet, so dass möglicherweise nur ein Drittel der tatsächlichen Frequenz bzw. Motordrehzahl angezeigt wird. In der Tat hat man bei Fehlanzeigen des DZM das Gefühl, dass Werte wie $1/2$, $1/3$, $1/4$... vom vermuteten wahren Wert bevorzugt angezeigt werden. Werden in einer solchen Situation Verbraucher (Licht, Stopplicht, Blinker) zugeschaltet, verbessert sich die Stabilität der Anzeige spürbar. Der Grund ist, dass die Phasen nicht mehr oder kaum noch angeschnitten werden, da ja mehr Leistung abgefordert wird. Diese Effekte wurden anscheinend beim Entwurf der Bordelektrik der MZ500R von den Entwicklern nicht genügend beachtet.

Es wurde deshalb empfohlen, die Phase für den DZM-Eingang zu wechseln, um die "ruhigste Phase" zu finden. Das kann tatsächlich etwas bringen. Die im unteren Kanal in Bild 3 zeitgleich dargestellte zweite LiMa-Phase ist in diesem konkreten Betriebsfall tatsächlich „ruhiger“. Das muss aber bei erhöhter Drehzahl und geringer Leistungsabgabe nicht so bleiben, auch sie wird dann "angeschnitten". Und spätestens dann, wenn alle drei Phasen ohne eine endgültige Verbesserung durchprobiert wurden, ist man am Ende der Möglichkeiten angelangt.

Wie im Oszillogramm in Bild 2 zu erkennen ist, bleiben - selbst wenn die Halbwellen alle zum frühesten Zeitpunkt weggeschaltet werden - in positiver Richtung die Thyristor-Restspannung von etwa $+1\text{V}$ und in negativer Richtung die Flussspannung der Gleichrichterdiode des Brückengleichrichters von etwa $0,8\text{V}$. Wird die in der Polarität wechselnde Spannung wieder auf 12V_{pp} verstärkt, kann eine stabile und fehlerfreie Anzeige des DZM selbst in dieser extremen Situation erreicht werden.

Die Aufgabe lässt sich mit einem sogenannten rail-to-rail-Operationsverstärker lösen. Diese Verstärker haben die Eigenschaft, dass sie ein- und ausgangsseitig Signale verarbeiten bzw. erzeugen, die bis an die Betriebsspannungsgrenzen reichen bzw. eingangsseitig sogar außerhalb liegen können. Ein geeigneter Typ ist der TS912. Die simple Zusatzelektronik ist in Bild 3 dargestellt und kann bequem im Lampentopf in einer kleinen Kunststoffschachtel (z.B. Kleinbildfilmdose) untergebracht werden, aus der nur die 4 Anschlussleitungen austreten.



Universal-Si-Diode z.B. 1N4148 oder SAY-Typenreihe (Miniplast, DDR)

Bild 3: Zusatzelektronik zur Stabilisierung der DZM-Anzeige

Die Signalleitung (grün) für den Drehzahlmesser wird in der Lampe am Steckverbinder LVR5u/o aufgetrennt und die Zusatzschaltung eingeschleift. Am Leitungsverbinder LVL4u (=54) im Lampentopf ist noch ein freier Steckkontakt mit geschaltetem Plus, der für die Versorgung der Schaltung genutzt werden kann.

Lothar, Juli 2009