

Messbericht:

- 1) *Messung der Stromimpulse, die von einem "Megapulse" an einen Bleiakkumulator abgegeben werden.*
- 2) *Messung der von 1) verursachten Spannungsimpulse am vorhandenen Bleiakkumulator.*
- 3) *Messung des vom "Megapulse" aufgenommenen Strom-Mittelwerts in Abhängigkeit von der Spannung des Bleiakkumulators.*
- 4) *Qualitative Fehleranalyse für die Stromimpulsmessung mit einem Shunt-Widerstand.*

Prüfling : 3 Stück Batterie-Auffrischer Typ *Megapulse*: Serien-Nr.221 818, 221 826, 221 831
Vertrieb : Firma Novitec GmbH, Alsbachstr. 15, 66115 Saarbrücken, Tel. 0681 / 99274-0
Email : info@novitec-gmbh.de ; Internet : www.novitec.de

Bleiakkumulator : 12V/108Ah ; wartungsfrei, Flüssig-Elektrolyt, Nenn-Kaltstartstrom 735A,
Ist-Kapazität : ca. 70Ah; Hersteller : Vetus ; www.vetus.nl/DE

Messgeräte :

- 1) Stromzange (current probe) Typ Tektronix -AM501, Bandbreite 50 MHz. Stromzange besteht aus Sensorkopf und Elektronikteil. Zum Elektronikteil der AM501 siehe Bild 6 im Anhang.
- 2) 1 Stück Digital-Oszilloskop mit Datenausgang und 1 Stück Analog-Oszilloskop (Bandbreite > 50MHz)
- 3) 2 Stück Digital-Multimeter

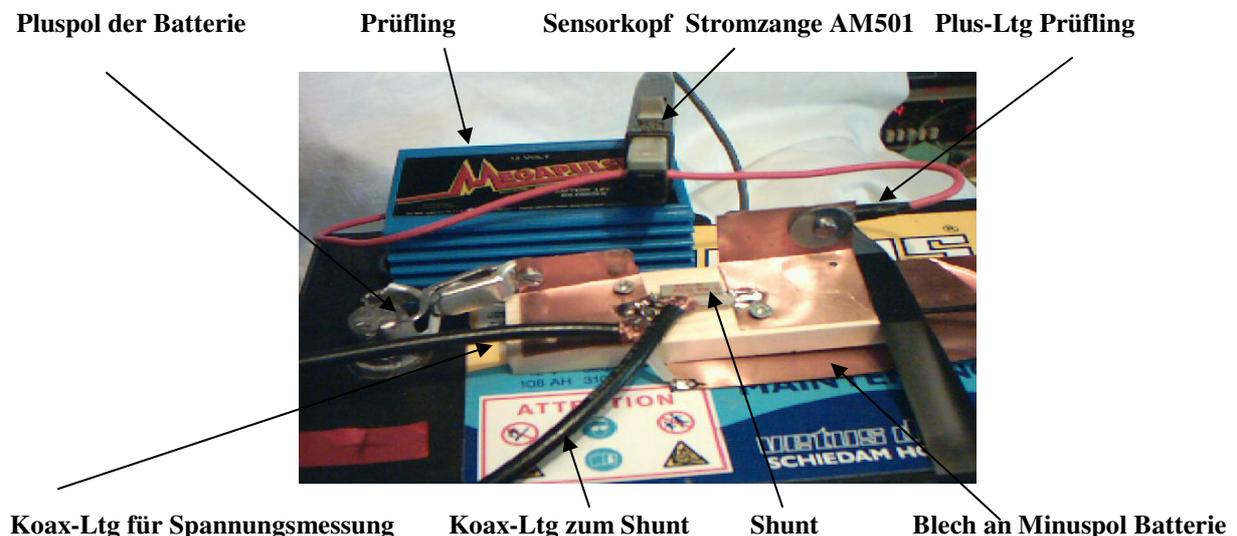
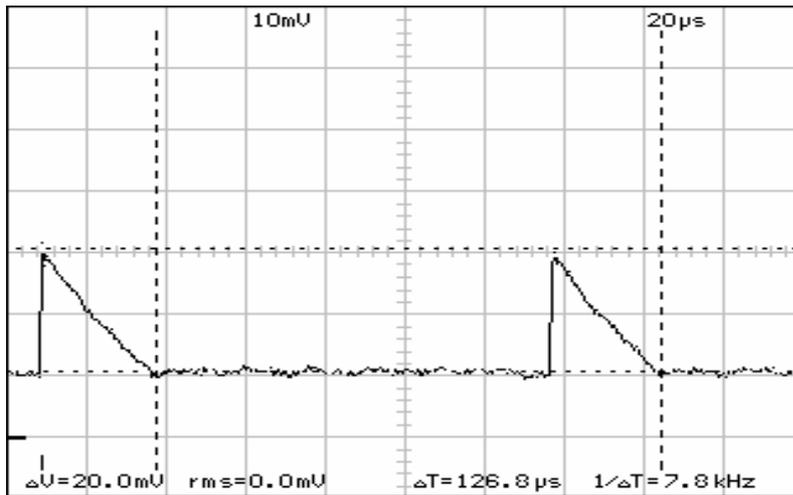


Bild 1: Messaufbau

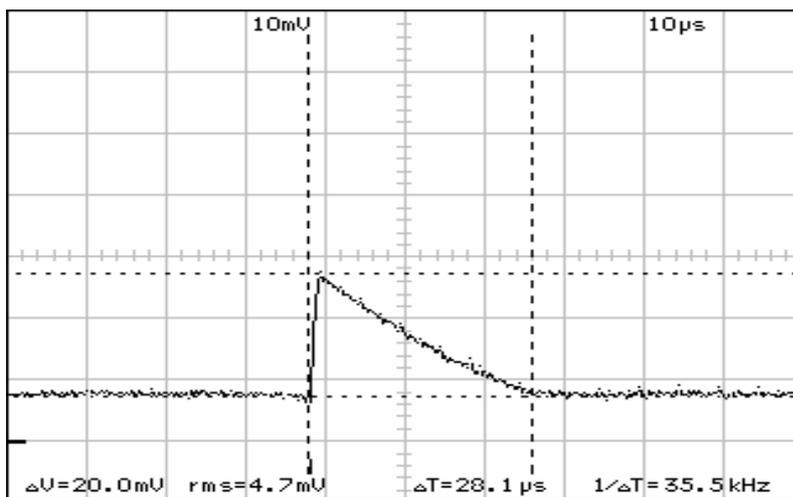
Der Sensorkopf der Stromzange AM501 erfasst den Strom in der Plus-Leitung des Prüflings. Der Ausgang der Stromzangen-Elektronik (siehe Bild im Anhang) wird über eine mit dem Wellenwiderstand von 50 Ohm abgeschlossene Koaxialleitung an ein geeignetes Oszilloskop angeschlossen. Mehr an Aufwand ist für eine Strommessung mit der Stromzange nicht erforderlich !

(Nur für alternative Messung des Stroms mit 10-mOhm-Shunt (6,5x6,5x19; 5% ; gestrecktes Widerstandsband) : Shunt zwischen 2 Kupferbleche gelötet. 1 Stück geschirmte Koaxialleitung zur Messung der Spannung am Shunt , 1 Stück geschirmte Koaxialleitung zur Messung der Spannungs-Spitzen an den Batteripolen. Beide Schirme an Pluspol. Unterstes Blech an Minuspol.)

Zum wesentlichen Vorteil einer Stromzange bei der Messung von Stromimpulsen gegenüber der Messung mit einem Shunt siehe die qualitative Analyse der Messfehler im Anhang.



**Bild 2 : Dreieckförmige, periodische Stromimpulse des Megapulse.
Frequenz $f = 7,8\text{kHz}$. Amplitude : 1,95 A
10mV der Stromzangen-Elektronik entsprechen 1,0 A.
Messung mit der Stromzange in Bild 6.**



**Bild 3 : Anstiegs- und Abfallflanke des Stromimpulses.
10mV der Stromzangen-Elektronik entsprechen 1,0 A.
Anstiegsflanke : ca. $2\text{A}/\mu\text{s}$; Abfallflanke : ca. $0,08\text{A}/\mu\text{s}$.
Messung mit der Stromzange in Bild 6.**

Ergebnis zu 1) :

- Die von den Prüflingen an die Batterie abgegebenen Stromimpulse sind dreieckförmig mit einer **Frequenz von 8 kHz** und einer **Amplitude von 2 A**. **Vergleiche Bild 2.**
- Anstiegsflanke : ca. $2\text{A}/\mu\text{s}$; Abfallflanke : ca. $0,08\text{A}/\mu\text{s}$. **Vergleiche Bild 3.**
- Die Amplitude nimmt weniger als 0,2A zu, wenn die Spannung der Batterie im untersuchten Bereich von 12,8 V auf 14,4V zunimmt.
- Die Amplitude verändert sich weniger als 0,1A, wenn ein Widerstand von 20 mOhm in Reihe zum alternativen 10m-Ohm-Shunt und zum Innenwiderstand (Impedanz Z_i) der Batterie hinzugefügt wird. *Das lässt darauf schließen, dass die Amplitude des Stromimpulses nur wenig abhängt vom Innenwiderstand der Batterie und damit vom Batterietyp und dem Alterungszustand der Batterie.*

Ergebnis zu 2)

- a) An dem vorhandenen Exemplar der Bleibatterie mit einer Ist-Kapazität von 70Ah erzeugt die Anstiegsflanke des Stroms einen Spannungsimpuls mit einer Amplitude von 1,8V und einer mittleren Impulsbreite von 0,5µs. Der Anteil der „flach“ abfallenden Flanke des dreieckförmigen Stromimpulses am Spannungsimpuls ist gegenüber den 1,8V vernachlässigbar. Die Messung wurde mit einem Analog-Oszilloskop ohne Datenausgang, durchgeführt.
- b) Die Höhe des Spannungsimpulses an der Batterie hängt *entscheidend* von der inneren Impedanz der Batterie ab, insbesondere von deren *induktiver* Komponente. **Eine allgemeine Angabe zum Spannungsimpuls an einer Batterie, der von einem Megapulse hervorgerufen wird, ist daher nicht möglich !**

Anmerkung zur Bewertung der Ergebnisse zu 1) und 2) :

Allein z.B. beim Einschalten des Fernlichts in einem Auto (2x 45W) über ein Relais entstehen wegen des Prellens der Kontakte ebenfalls Stromimpulse, wie auch bei den periodischen Impulsen des Primärstroms der Zündspule. Bei betriebswarmen Lampen beträgt der Gleichstrom der beiden Lampen zusammen schon 7,5A. *Beim Einschalten der Lampen, deren Glühfäden noch kalt sind, betragen die ersten Stromamplituden beim Prellen ein Mehrfaches davon !*

(Zum Vergleich : die Einschaltstrom-Amplitude einer 100W-Glühlampe mit einer Nennspannung von 230V beträgt ca. das Zehnfache der Amplitude des 50Hz-Wechselstroms im thermisch eingeschwungenen Zustand. Bei Glühlampen für eine Nennspannung von 12V ist das Verhältnis geringer.)

Wenn sich die Bordelektronik in einem heutigen Automobil von den Stromimpulsen des Megapuls stören lassen würde, wäre sie für diesen Betrieb kaum geeignet., zumal der Megapuls direkt an der Batterie montiert wird und seine Anschlussleitungen schon durch den Einbau getrennt von allen anderen Leitungen verlegt werden.

Der Verfasser war viele Jahre in der Industrie als Entwickler von Schaltnetzteilen tätig. Mit diesem Hintergrund war er in einer großen Abteilung auch für alle Fragen der CE-Zulassung von Industriegeräten zuständig und hat selbst die vorgeschriebenen Messungen zum Nachweis der Störfestigkeit und der Störaussendung durchgeführt.

Zur Eignung des Megapulse in einem Automobil siehe auch die Zulassung des Kraftfahrzeug-Bundesamtes Nr. e*72/245*95/54*2166*00 vom 22.05.2002.

Ergebnis zu 3)

Strom – Mittelwert (mA)	12,0V	12,4V	12,6V	12,7V	12,8V	12,9V	13,0V	13,5V	14,0V	14,5V
Nr.1	0,33	2,7	138	140	141	142	143	149	156	163
Nr.2	0,30	0,6	45	659	131	132	133	139	145	150
Nr.3	0,25	1,8	3,4	4,1	123	124	126	133	140	147

Ergebnis zu 4) siehe den Anhang.

- Anhang -

Vorteil der Messung von Stromimpulsen mit einer Stromzange bestehend aus Sensorkopf und Elektronikteil gegenüber einem Messwiderstand (Shunt-Widerstand). Qualitative Analyse der Messfehler bei Verwendung von Shunts.

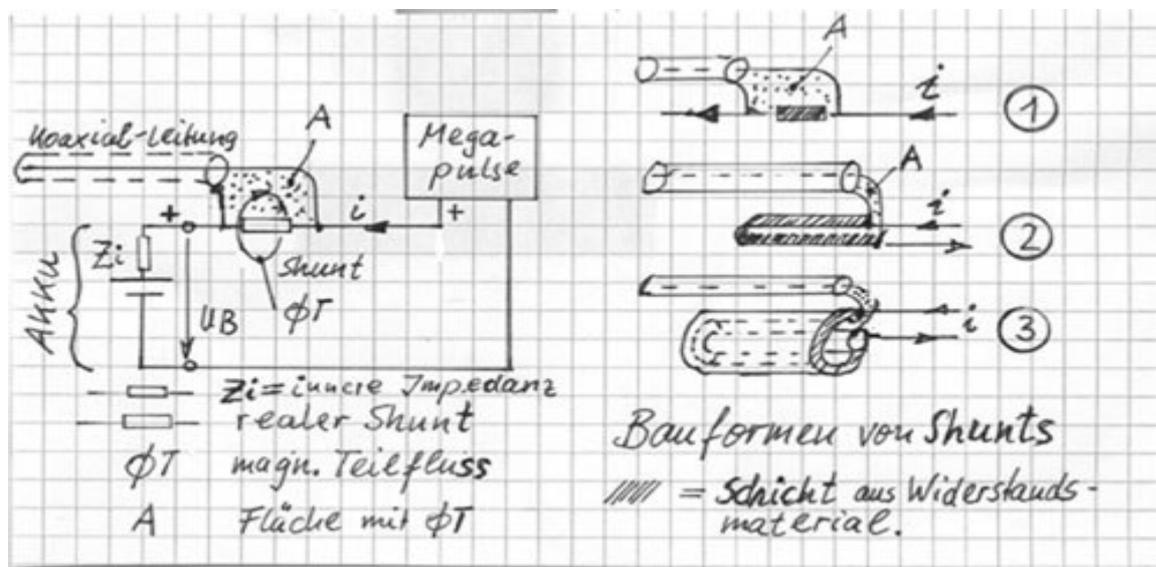


Bild 4 : Quellen der Fehler bei der Messung von Impuls-Strömen mit einem Shunt-Widerstand.

Bild 5 : Bauformen von Shunts und Größe der schädlichen, aufgespannten Fläche A der angeschlossenen Messleitung.

- 1 : Linear gestrecktes Widerstandsmaterial
- 2 : Gefaltetes Widerstandsmaterial mit dünner Isolierfolie als Zwischenlage.
- 3 : Koaxiale Konstruktion. Widerstandsmaterial als Zylinder mit gut leitendem Innenleiter.

Bei den Bauformen in Bild 5 nimmt von oben nach unten die schädliche Induktivität L_s ab, mit der ein realer Shunt-Widerstand behaftet ist.

Der Messfehler der Stromzange beträgt für den hier verwendeten Messbereich $< 5\%$ und ist unabhängig von der Änderungsgeschwindigkeit di/dt des Stroms. Der Messfehler ist somit wesentlich kleiner, als jener, der für Impuls-Messungen mit einem Shunt entsteht, da von vornherein folgende beiden Haupt-Fehlerquellen vermieden werden :

- 1) Das Magnetfeld H , welches den Stromleiter im Bereich des gestreckten Shunts umgibt (Vergl. Bauform Nr.1 in Bild 5 und den Shunt in Bild 1), hat einen magnetischen Fluss Θ zur Folge. Ein Teil Θ_T des Flusses Θ durchsetzt unvermeidlich diejenige Fläche A , die von der am Shunt angeschlossenen Messleitung aufgespannt wird. Somit wird in die Messleitung eine Fehlerspannung $u_\Theta = d\Theta_T/dt$ induziert, die bei einem Stromanstieg (positive Stromänderung) eine positive Fehlerspannung erzeugt und **damit eine zu hohe Stromamplitude vortäuscht**. Die gemessene Spannung an einem idealen, also induktivitätsfreien Messwiderstand ergibt sich aus:

$$u_m = i \cdot R + u_\Theta \quad (R = \text{Istwiderstand des Shunts zwischen den Anschlusspunkten der Messleitung})$$

Mit der obigen, gestreckten Form eines Shunts kann dieser Fehler grundsätzlich nicht vermieden werden, selbst wenn der Innenleiter der Koaxialleitung dicht an der Oberfläche des Shunts anliegen würde. Es bleibt immer noch eine Restfläche zwischen dem gestreckten Widerstandsmaterial und der Oberfläche der Ummantelung des Shunts übrig.

Es gibt daher bei dieser gestreckten, zweipoligen Bauform (und natürlich auch bei einer vierpoligen) immer einen störenden magnetischen Fluss, der die Fehlerspannung u_Θ erzeugt. Die aufgespannte Fläche der Messleitung liegt hier außerdem immer ungünstig, das heißt senkrecht

zum magnetischen Fluss.

2) Die Induktivität L_s eines **realen Shunts** ist verantwortlich für die zusätzlich zu Punkt 1 entstehende Fehlerspannung u_L : $u_L = L_s * di/dt$

Bei koaxialen Shunts lässt sich sowohl L_s , als auch die Fehlerspannung u_Θ in Punkt 1 stark vermindern, aber nicht ganz ausschließen, im Gegensatz zu der Messung mit der Stromzange. Die Fehlerspannung u_Θ lässt sich vermindern, da die von der Messleitung aufgespannte Fläche kleiner ist und außerdem günstiger zum magnetischen Fluss gelegt werden kann, als bei der gestreckten Bauform eines Shunts.

Aus 1) und 2) ergibt sich eine gesamte Spannung von : $u_{mg} = i * R + u_\Theta + u_L$
mit dem Fehleranteil : $u_f = u_\Theta + u_L$.

Mit einem 10-mOhm-Shunt in der gestreckten Bauform wurde bei

- minimierter Fläche A, wenn also der Innenleiter der Messleitung auf der Oberfläche des Shunts aufliegt und dicht am Gehäuse des Shunts angelötet ist, noch eine fehlerhafte Strom-Amplitude von ca. 8 A gemessen.
- Bei weniger sorgfältig minimierter Fläche A kletterte die fehlerhafte Amplitude bereits auf ca. **25A !**
(Die Breite des Impulses betrug in beiden Fällen ca. 0,5 μ s.)

Fazit :

Es ist einleuchtend, dass besonders bei sehr kleinen Werten von R von z.B. nur 1 mOhm und gleichzeitig großen, gestreckten Bauformen, d.h. großen Werten der schädlichen Fläche A, welche für Messungen von Gleichstrom und 50Hz-Wechselstrom üblich sind, der Fehleranteil u_f sich besonders stark bemerkbar macht.



Bild 6 : Frontansicht des Elektronikteils der Stromzange Tektronix AM501