



ardumower

# WORKAROUND

Motor-Entstörung (Antrieb)



**REV.: 20150607**

Autor.: J.Lange

[www.ArduMower.de](http://www.ArduMower.de)



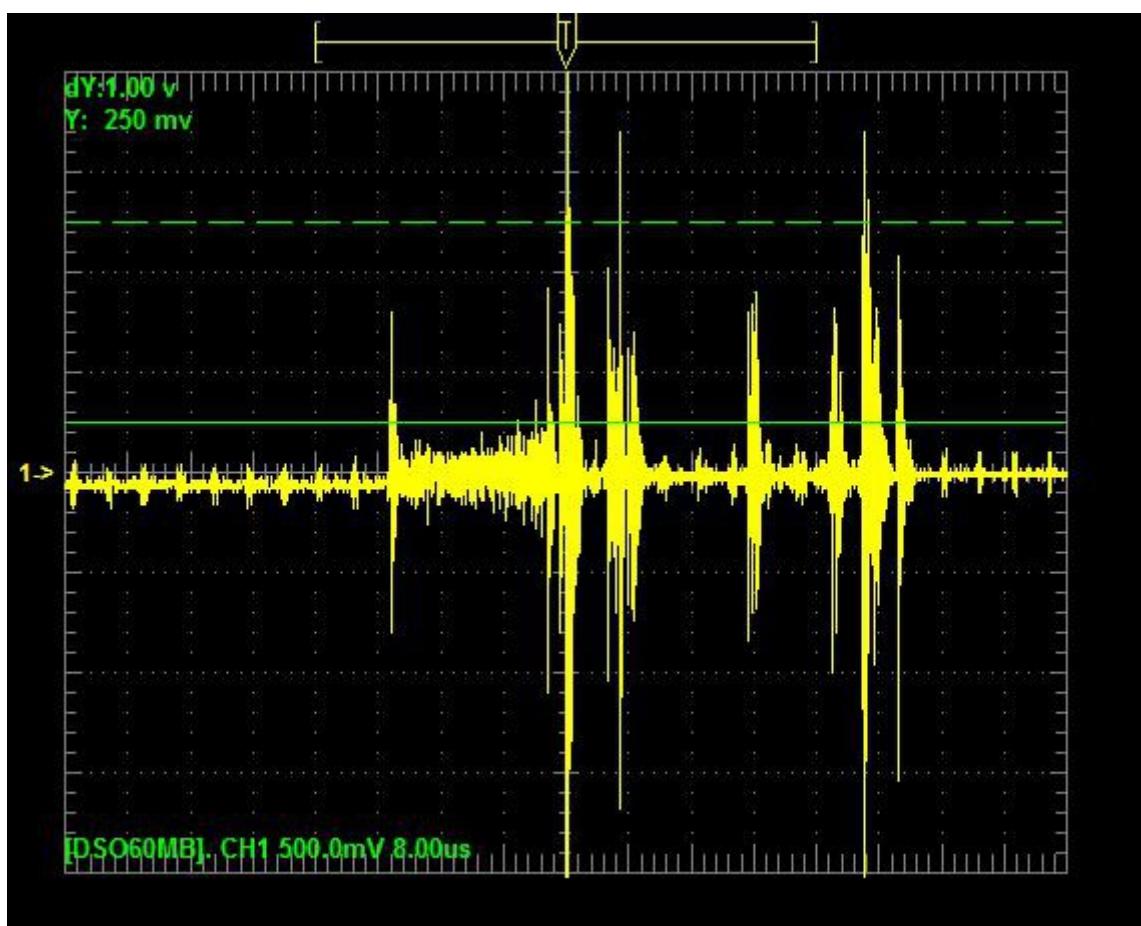
## **Inhaltsverzeichnis**

Motor-Entstörung.....	3
Was brauchen wir alles.....	5
Die Maßnahmen.....	6
Zwischenergebnis.....	9
EMV und HF.....	12
Motortreiber-Schutz und mehr.....	13
Worum geht es.....	13
Das Einschalten.....	13
Einschalten ohne ELKO.....	14
Einschalten mit ELKO.....	14
Das Ausschalten.....	15
Die Schutzschaltung.....	17
Zwischenergebnis.....	21
Bild ohne Schutzbeschaltung.....	21
Bild mit Schutzbeschaltung.....	21
Bild Schutzbeschaltung und ELKO.....	23



## Motor-Entstörung

In diesem WORKAROUND geht es, wie der Titel es schon vermuten lässt, um unsere Motoren und deren Entstörung. Die Standard-Motoren haben eine sehr gute Verarbeitung und sind laut Datenblatt auch bereits mit Entstörkondensatoren ausgestattet. Was auch richtig ist, die Kondensatoren sind auch vorhanden, jedoch wurde die Entstörung nicht bis in letzter Konsequenz durchgeführt. Aber über was sprechen wir hier eigentlich? Werfen wir einen Blick auf unser Oszi und schauen uns doch einmal genau an, was die Motoren mit unserer Versorgung so alles anstellen und das ganz ohne Motortreiber oder PWM.



So sieht unsere 24V Batterie Versorgung auf dem Oszi aus, wenn die Motoren laufen und direkt an der Batterie hängen und das sind nur die Störungen, die wir in der Versorgung messen. Hier wird nicht die Störabstrahlung gemessen! Eigentlich schade so hochwertige Motoren, aber diese Werte sind nicht das, was man gerne sieht. Dagegen müssen wir etwas machen. Grundsätzlich sind hier einige Dinge zu berücksichtigen. Im folgenden Bild sieht man, was der Hersteller unserer Motortreiber dazu sagt.

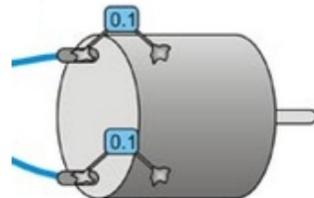


Occasionally, electrical noise from a motor can interfere with the rest of the system. This can depend on a number of factors, including the power supply, system wiring, and the quality of the motor. If you notice parts of your system behaving strangely when the motor is active, first double-check that your power supply is adequate, then consider taking the following steps to decrease the impact of motor-induced electrical noise on the rest of your system:

1. Solder a **0.1  $\mu$ F ceramic capacitor** across the terminals of your motors, or solder one capacitor from each terminal to the motor case (see the pictures to the right). For the greatest noise suppression, you can use three capacitors per motor (one across the terminals and one from each terminal to the case).
2. Make your motor leads as thick and as short as possible, and twist them around each other. It is also beneficial to do this with your power supply leads.
3. Route your motor and power leads away from your logic connections if possible.
4. Place decoupling capacitors (also known as “bypass capacitors”) across power and ground near any electronics you want to isolate from noise. These can typically range from 10  $\mu$ F to a few hundred  $\mu$ F.



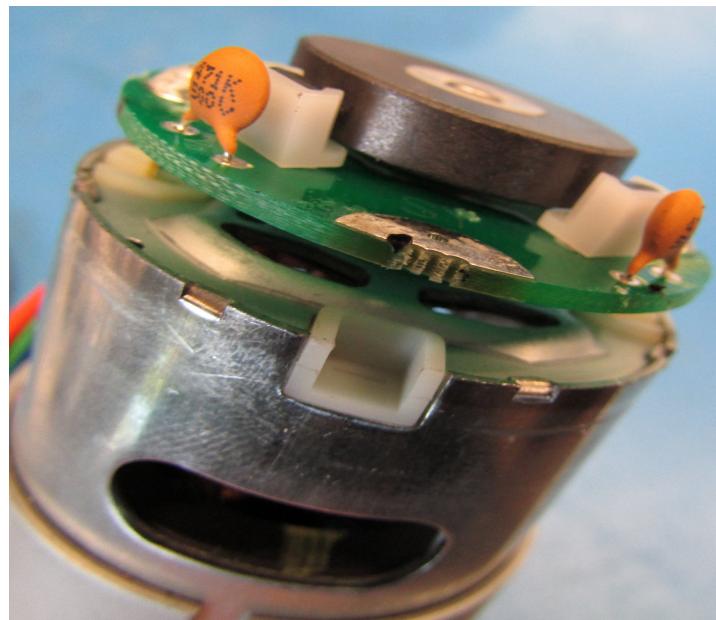
Motor with one 0.1  $\mu$ F capacitor soldered across its terminals.



Motor with two 0.1  $\mu$ F capacitors soldered from its terminals to its case.

Abbildung 1: Quelle: Pololu

Das kann man ohne weiteres so im Raum stehen lassen. Aber was bedeutet das für unsere Motoren? Können wir die Werte einfach so übernehmen? Die Antwort auf die letzte Frage lautet: „Es wäre zu schön einfach, also nein“. Jedoch das Prinzip ist auf jeden Fall schon einmal der richtige Weg. Werfen wir einen Blick unter die Motorhaube.





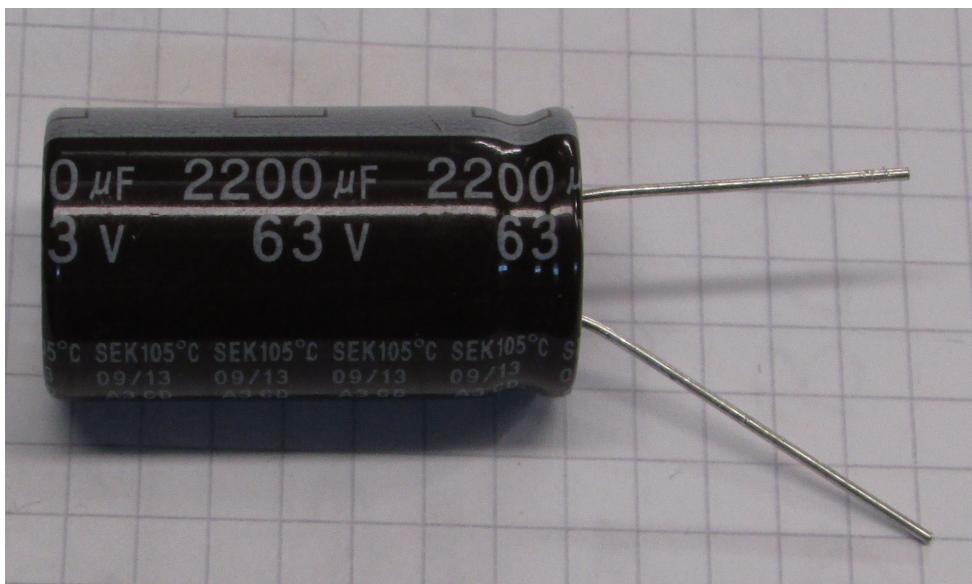
Man kann sehr schön die beiden Entstörkondensatoren mit einem Wert von 47nF und einer Spannungsfestigkeit von 100V erkennen. Schauen wir unter die Platine, sieht man, dass die beiden Kondensatoren sich in der Mitte an dem silbernen Lötfeld treffen und dort auch leider enden.

## Was brauchen wir alles

Wir benötigen für unsere Motor-Entstörung folgende Materialien.

Menge	Beschreibung
2	Keramikkondensator 47nF / 100V
1	ELKO 2200µF / 63V
1	Entlötlitze 1,5mm z.B.: von Fa. FELDER
1	Schrumpfschlauch, Litze

Dazu ein paar Bilder.:





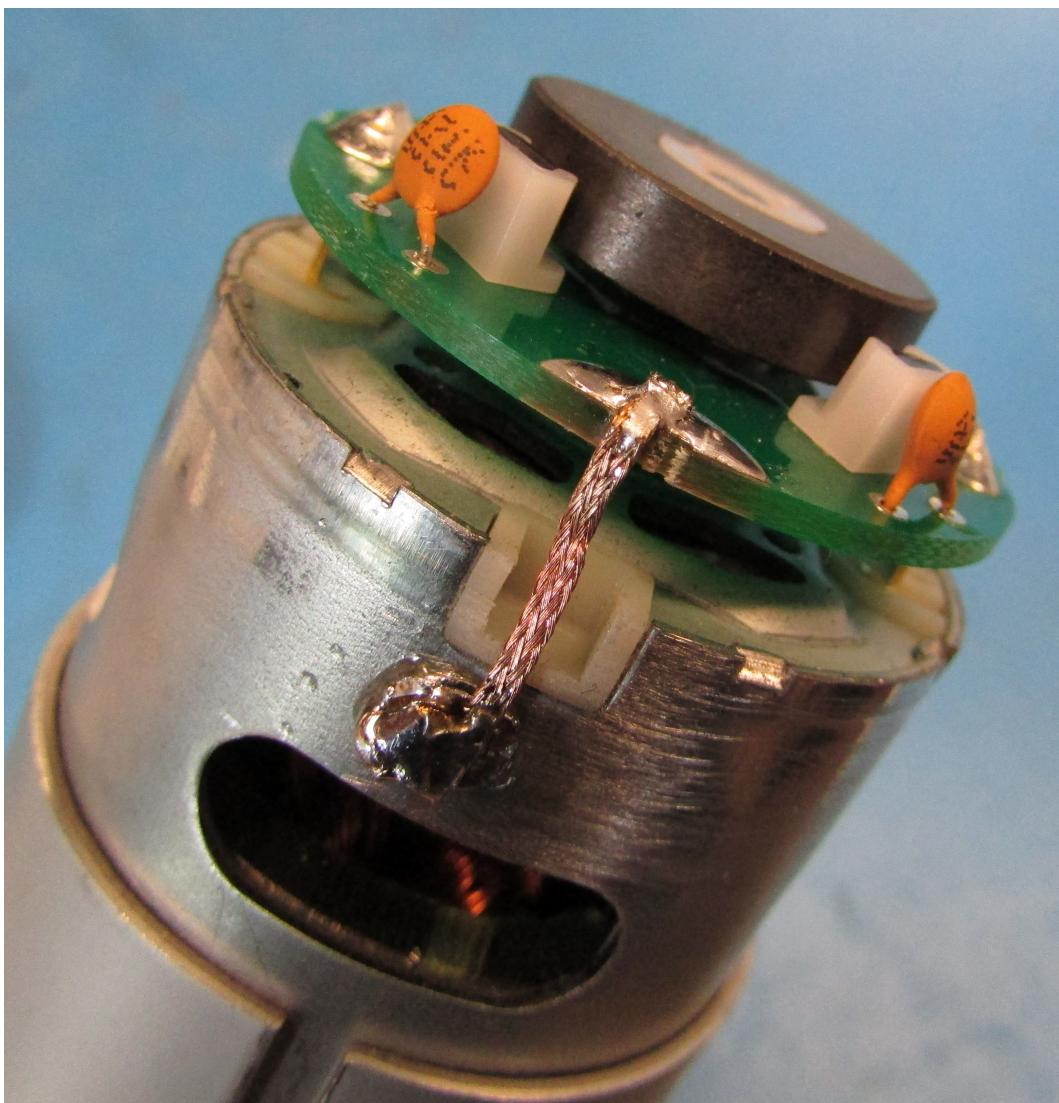
## Die Maßnahmen

Am besten wir fangen mit den zwei vorhandenen Kondensatoren an. Um eine vernünftige Entstörung zu erreichen, muss der Mittelabgriff (also das Lötfeld) der beiden Kondensatoren auf der Odometrie-Platine mit dem Motorengehäuse verbunden werden. Dazu benötigen wir die Entlötlitze. Bevor wir diese jedoch löten, sollte das Metallgehäuse mit feinem Schmirlgelpapier etwas aufgeraut werden, damit unsere Lötung auch richtig hält.

### **Hinweis:**

*Achtet beim Anrauen darauf, dass der Staub nicht in den Motorinnenraum fällt.*

Sind die ganzen Vorbereitungen erledigt, geht es ans Löten. Wir löten einen Streifen Entlötlitze vom Lötfeld auf das Motorgehäuse. Wenn das vollbracht ist, sollte es dann wie in dem Bild unten aussehen.





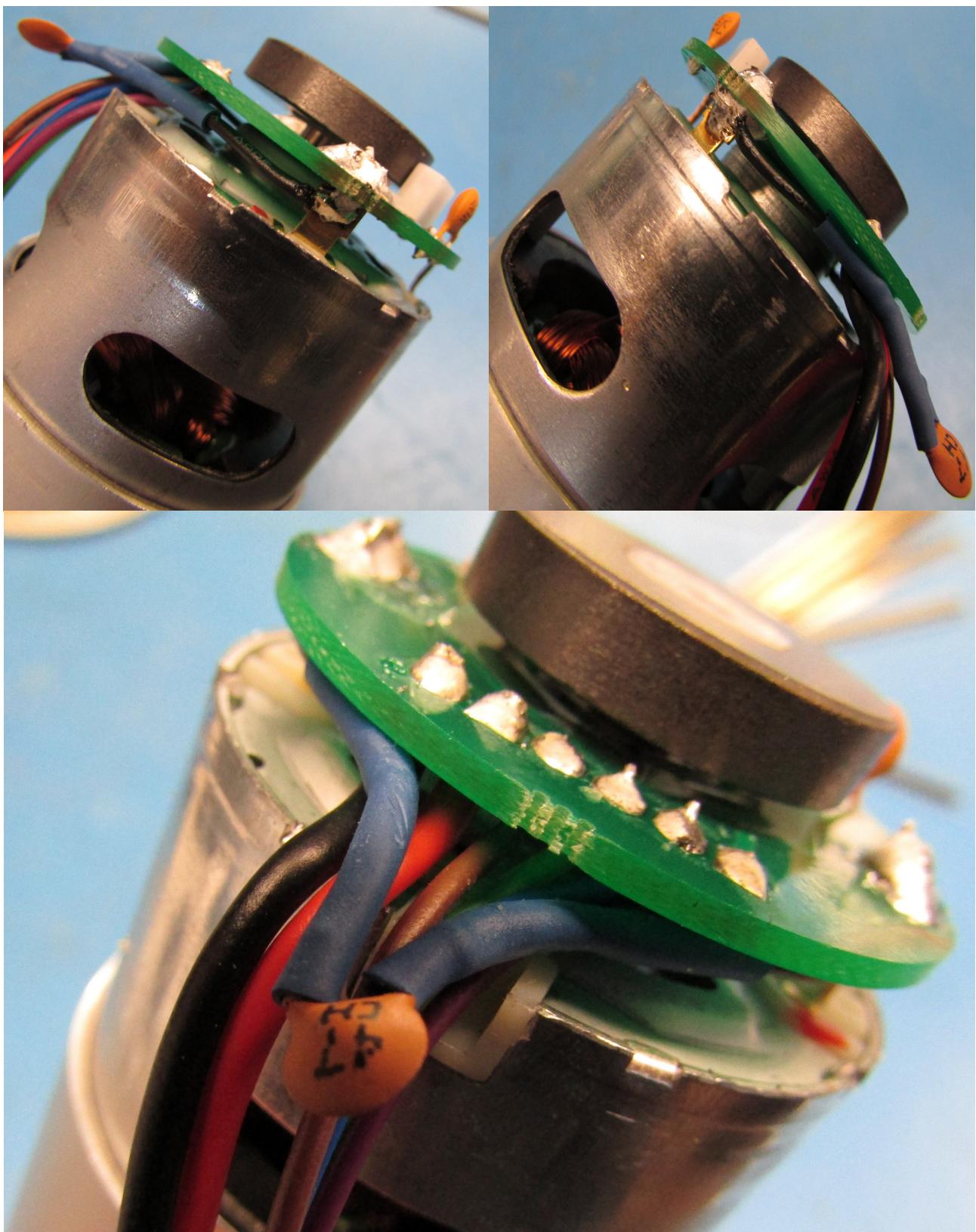
Der erste Schritt zur Motorentstörung ist geschafft. Machen wir gleich mit den Vorbereitungen für den zweiten Schritt weiter. Dazu benötigen wir zwei Stücke a' 3cm Litze, zwei Stücke Schrumpfschlauch und den 47nF Kondensator. Zuerst löten wir die Litze an die beiden Anschlüsse des Kondensators. Dann schieben wir den Schrumpfschlauch über die Lötstellen.

**Hinweis:** Achtet darauf, dass der Schrumpfschlauch alles sauber abdeckt, sonst könnte es später zu einem Kurzschluss kommen.





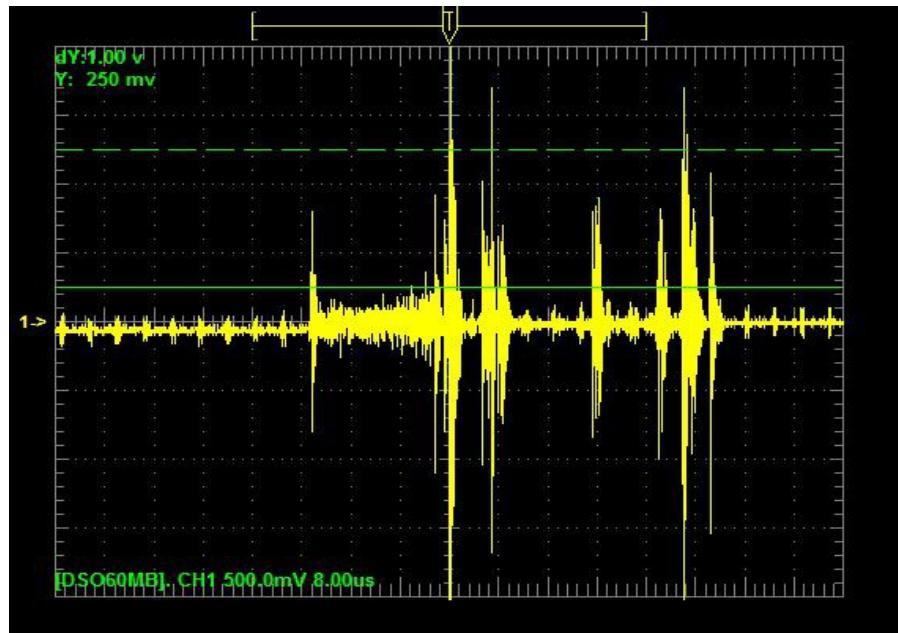
Dieser Kondensator wird jetzt parallel zu den Motoranschlüssen unter der Odometrie-Platine verlötet und schaut auf der Seite heraus, auf der auch die restlichen Litzen aus dem Motor herausgeführt werden. Dazu wieder in paar Bilder dann ist es leichter zu verstehen.



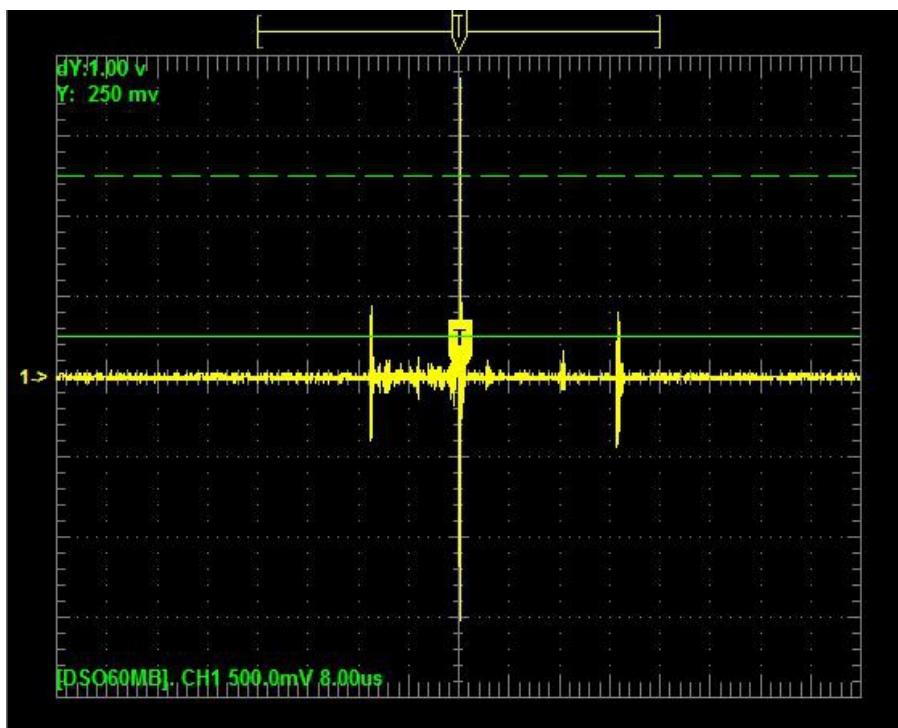


## Zwischenergebnis

Jetzt ist es an der Zeit, eine kurze Bilanz zu ziehen und zu prüfen, welches Ergebnis unsere Maßnahmen erzielen. Wir erinnern uns, die Störungen auf der Versorgung sahen ohne alles so aus.



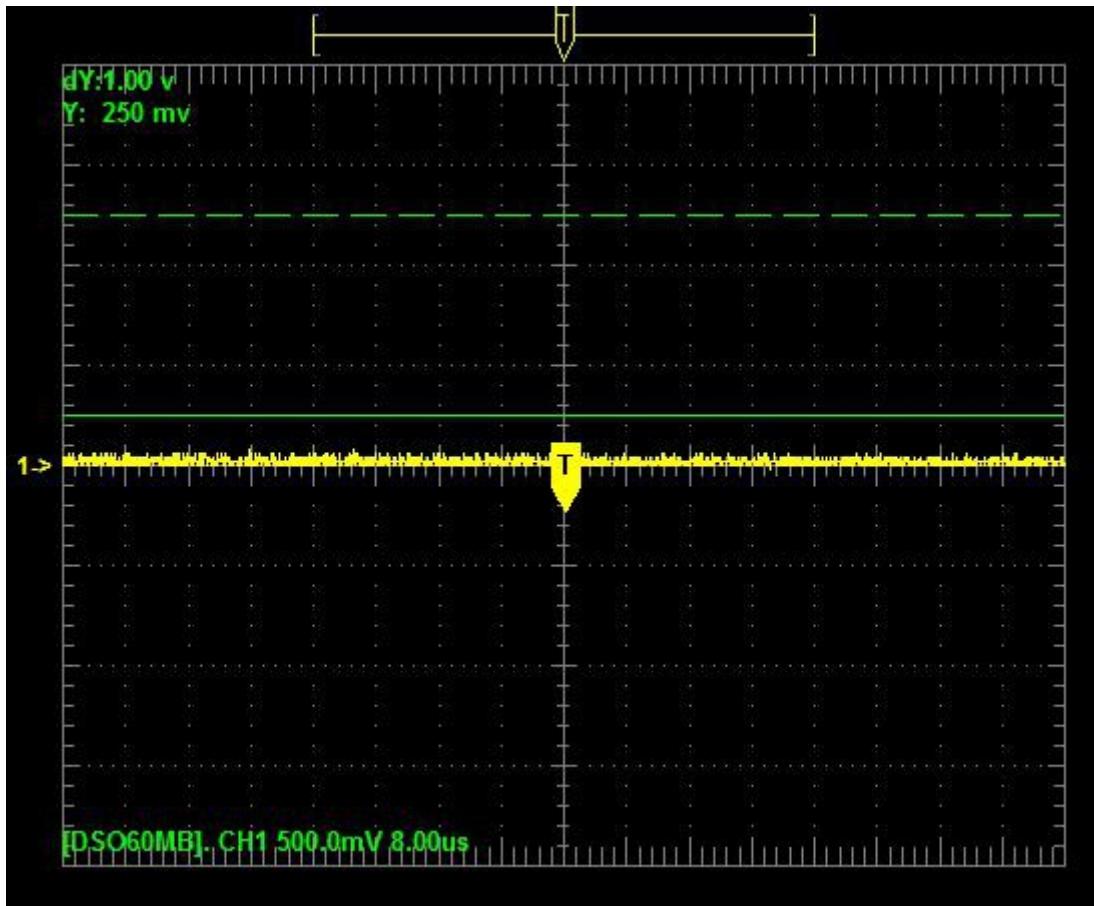
Nachdem wir nun die ersten Maßnahmen umgesetzt haben, zeigt unser Oszi jetzt folgendes Bild.



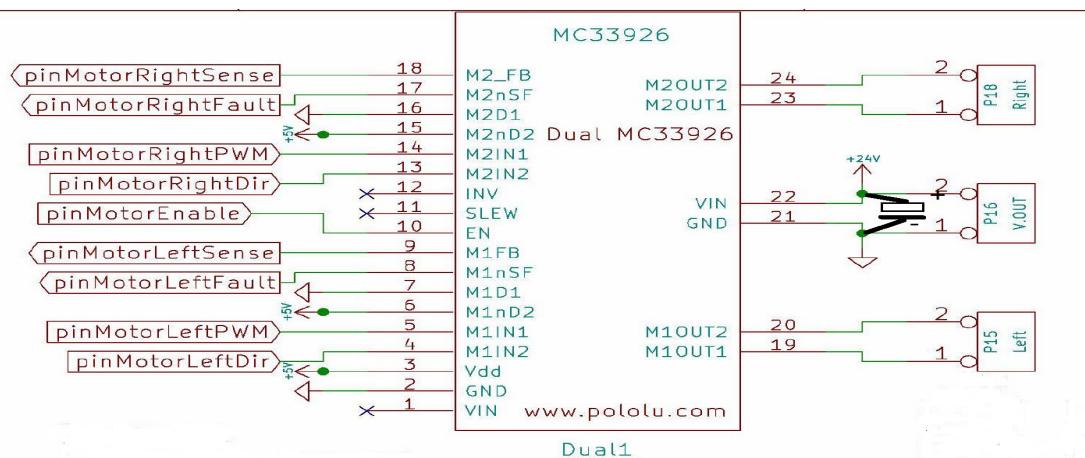


ardumower

Das Ergebnis kann sich sehen lassen. Es ist zwar noch nicht perfekt, aber man kann eine deutliche Veränderung erkennen. Das lässt sich aber noch weiter verbessern. Kommen wir nun zu dem großen ELKO aus der Einleitung. Wenn wir diesen als Saugkreis parallel zu unserem Motor in die Versorgung schalten, erzielen wir abschließend folgenden Effekt.



Wie wir sehen können, ist der Störungsanteil fast verschwunden. Um dies auch in der Schaltung mit Motortreibern zu erzielen, muss dieser Kondensator parallel zu den VIN +,- der Motortreiber geschaltet werden.



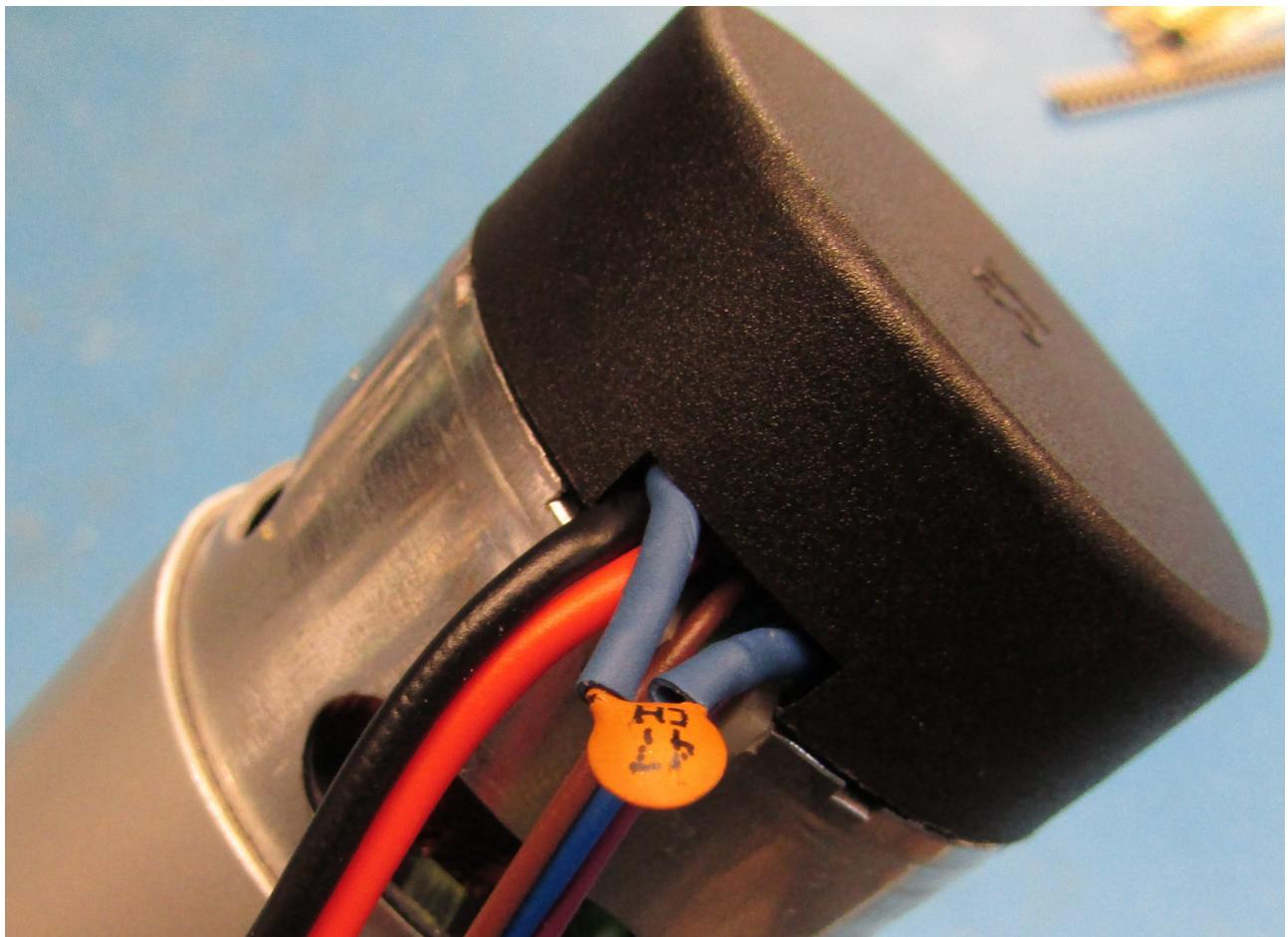


**ardumOwer**

**Hinweis:**

*Ein ELKO besitzt eine Polarität. Auf keinen Fall darf er verpolt werden.*

Damit haben wir alles Notwendige getan und unsere Antriebsmotoren sind jetzt sauber entstört.





## EMV und HF

Wie schon in der Einleitung angedeutet, haben wir aber auch noch weitere Störungen zu erwarten. Um hier Abhilfe zu schaffen, ein paar einfache Regeln.

1. Die Zuleitungen zum Motor so kurz wie möglich halten.
2. Die Litzen für die Motoren lieber etwas dicker ausführen.
3. Die Motorlitze miteinander verdrillen.
4. Am besten auch die Litzen der Batteriezuleitung miteinander verdrillen.
5. Die Motorzuleitungen mit einer Windung durch einen Klappferrit führen.
6. Alle Zuleitungen soweit weg wie es möglich ist von Sensoren etc.
7. Kreuzungen von Zuleitungen und Sensoren-Drähten vermeiden.

Noch ein Bild von einem Klappferrit:



### TIPP:

*Bitte beachtet auch: Batterien, welcher Art auch immer, sind grundsätzlich nicht als Abschirmung gegen Störstrahlung sinnvoll, da von ihnen die Ströme / Impulsströme ausgehen.*



## Motortreiber-Schutz und mehr

### **Worum geht es**

Auch in diesem Teil geht es um die Entstörung unserer Motoren und es betrifft **grundsätzlich alle Motoren**, die der ArduMower hat. Jetzt ist der Begriff „Entstörung“ etwas ungenau. Jeder Motor ist erst mal eine Induktivität. Die daraus entstehenden Eigenschaften sind damit grundsätzlich schon mal vorgegeben. Unser Augenmerk liegt in diesem Teil speziell auf dem Moment des Ein- und Ausschaltzeitpunkts. Zu diesen Zeitpunkten haben Induktivitäten, also in unserem Fall die Wicklungen unserer Motoren, ein paar Eigenschaften, die wir so gar nicht haben möchten. Ich versuche es bewusst einfach auszudrücken, wer es ganz genau wissen möchte, sei an die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

Im Verlauf dieses Themas stelle ich Euch eine „kleine“ Leiterkarte vor, die genau diese ganzen „bösen“ Eigenschaften im Zaum hält. Ich kann nur jedem dringend ans Herz legen, dies in seinem ArduMower umzusetzen unabhängig von der Version der ArduMower Main (V0.5 oder V1.2).

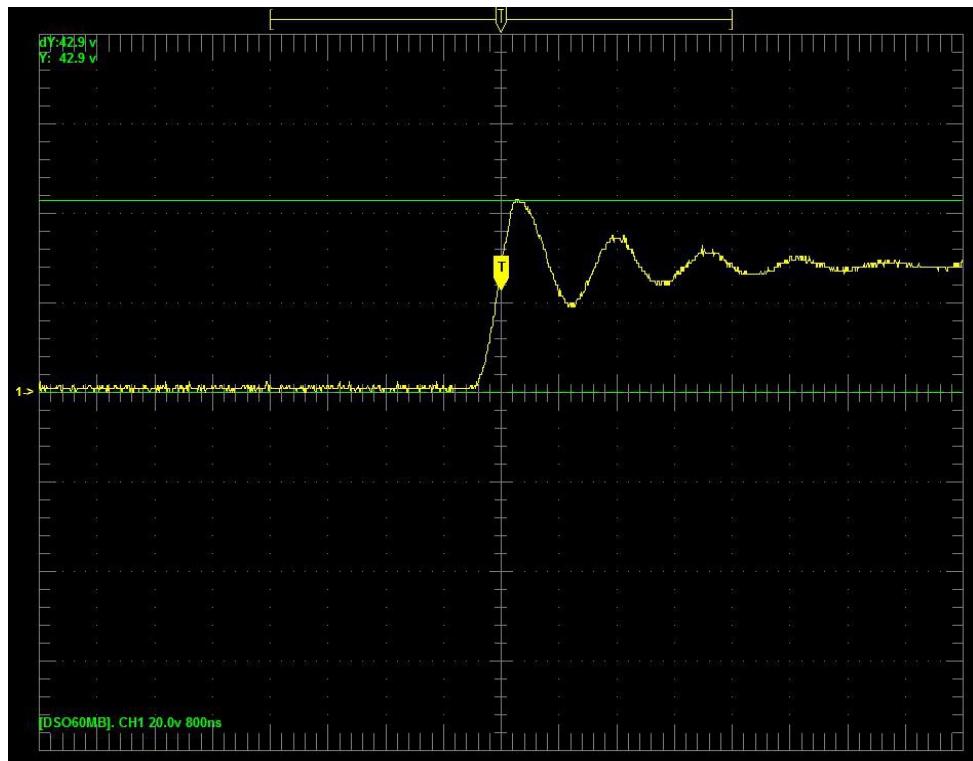
### **Das Einschalten**

Ich gehe hier jetzt nicht auf das genaue Wieso und Warum ein, aber zum Zeitpunkt des Einschaltens zieht unser Motor das Drei- bis Sechsfache an Strom, von dem, was er zum eigentlichen Betrieb dann wirklich benötigt. Diese Eigenschaft macht es unserer Versorgung (Batterie) nicht gerade leicht, das ganze System vernünftig zu versorgen. Dem müssen wir mit einem Puffer entgegenwirken. Dazu nutzen wir einen alten Bekannten, nämlich den dicken ELKO aus dem vorangegangenen Teil. Der hält uns nicht nur die noch verbliebenen Störungen während der Motor läuft vom Hals, sondern unterstützt auch unsere Stromversorgung beim Einschalten des Motors. Im Klartext, er sorgt mit seiner Ladung dafür, dass unser Akku nicht den ganzen Strom auf einmal liefern muss. Somit rauscht nicht gleich das ganze Strompaket durch die Leiterbahnen, die für die Versorgung der Motortreiber zuständig sind, sondern eine deutlich gemäßigte Abnahme des kostbaren Stroms. Dazu habe ich für euch zwei Oszi-Bilder gemacht, die das sehr deutlich darstellen. Das erste Bild zeigt den Einschaltvorgang auf der Versorgungsleitung ohne Kondensator und das zweite mit. Der Effekt ist deutlich sichtbar und bedarf somit keiner weiteren Worte.

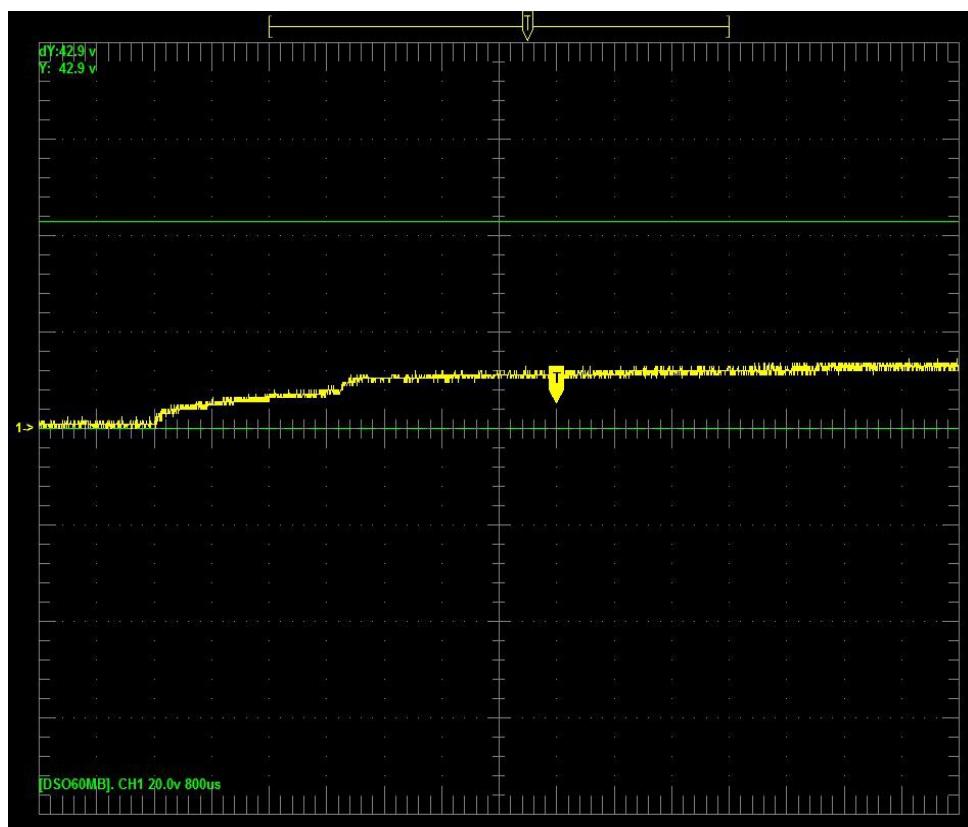


ardumower

## Einschalten ohne ELKO



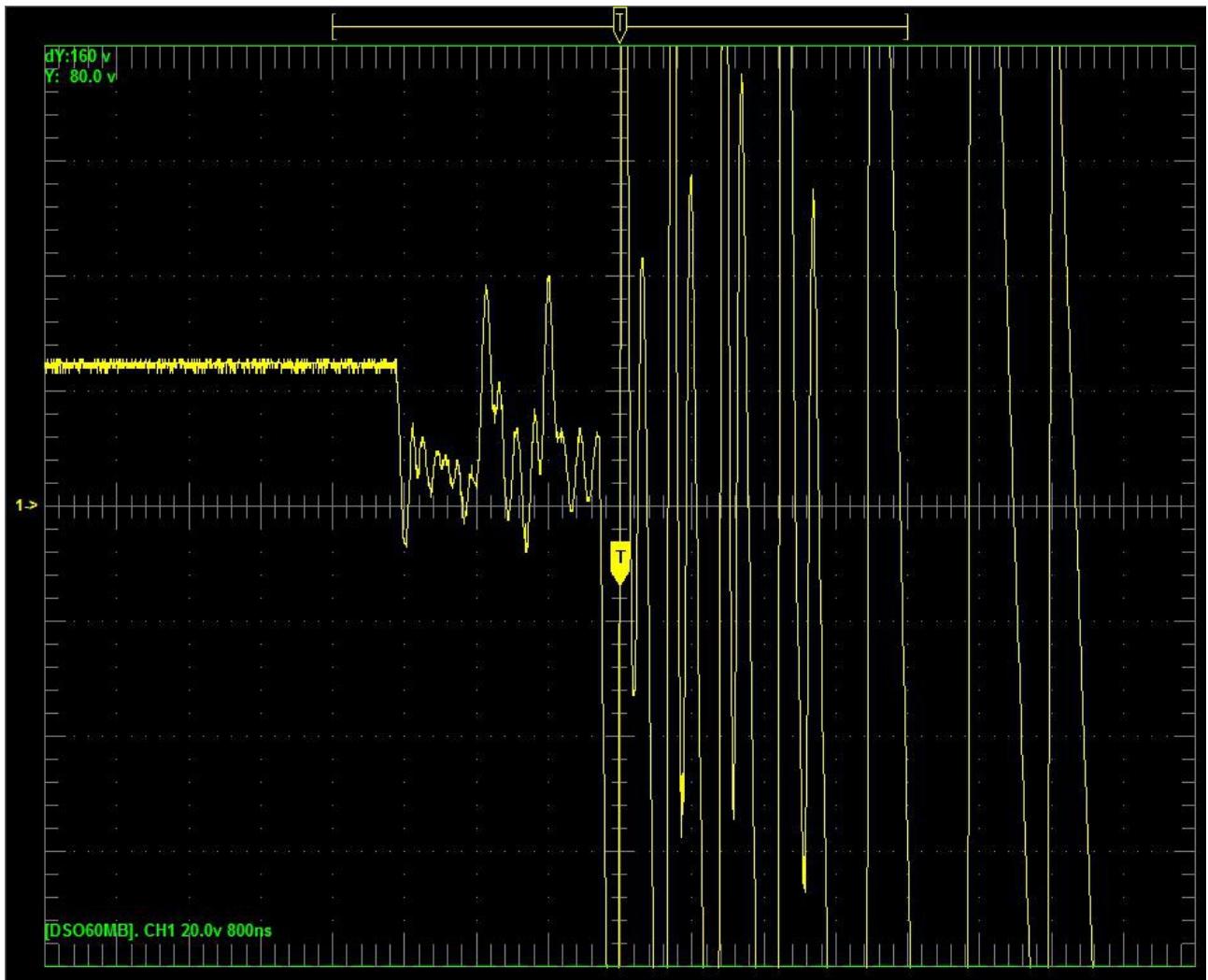
## Einschalten mit ELKO





## Das Ausschalten

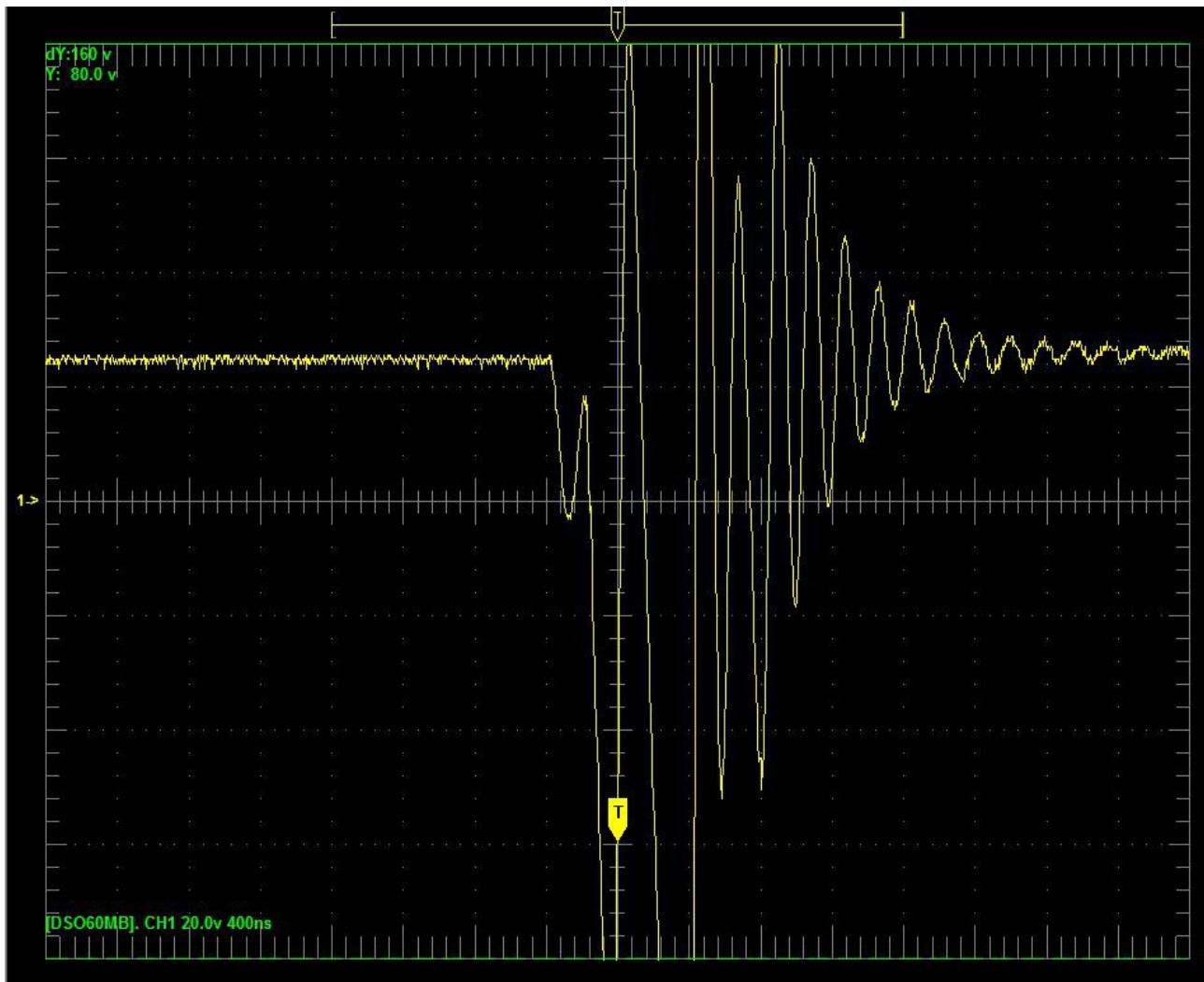
Für eine Induktivität wie unsere Motoren eine wahre Sternstunde. Jetzt können sie sich so richtig austoben und zeigen, was noch so alles in ihnen steckt. Am besten zeige ich euch gleich ein Oszi-Bild, das ich dann abgekürzt erklären werde.



Man kann gut den Zeitpunkt erkennen, an dem der Motor ausgeschaltet wird. In den ersten 800ns nach dem Ausschalten ist die Welt noch ganz in Ordnung. Aber die folgenden zwei 800ns lassen schon erahnen, dass sich hier was zusammenbraut, was an Zerstörungskraft auf Platinen seines gleichen sucht. Ist der Anfang noch mit 40V gerade so im Rahmen, entfesselt die Induktivität folgend wütend alles was sie hat. Sie wehrt sich dagegen ausgeschaltet zu werden und zeigt ihren Unmut mit Spannungen von 160 Volt und mehr an. Man sieht, dass mit einem x10 Tastkopf auch das Oszi an seine Grenzen stößt. Im Verlauf der Messreihe wurden Spannungen mit Spitzenwerten bis zu 244 Volt gemessen. Wenn sich hier ein Bauteil, das für solche Spitzen nicht



gemacht ist, im Weg befindet dürfte klar sein, wenn sich die Einwirkungsdauer durch äußere Umstände noch weiter erhöht, wird sich das ganze mit einem Knall, Blitz und Rauch verabschieden. Wollten wir jetzt einen Weidezaun bauen, könnten wir diese Eigenschaft sehr gut nutzen, aber für Motortreiber oder benachbarte Baugruppen kann das das Aus bedeuten. Ich zeige euch noch ein anderes Bild, auf dem man sehen kann, wie lange es dauert, bis unsere Motorspule endlich aufgibt. Man sieht das Ende des Ausschwingvorgangs bei diesem Zeitraster von 400ns nicht. Das Gefährliche ist, der Vorgang kann harmloser ausfallen oder noch deutlich heftiger und ist von einigen Faktoren abhängig, die wir nicht völlig kontrollieren können.

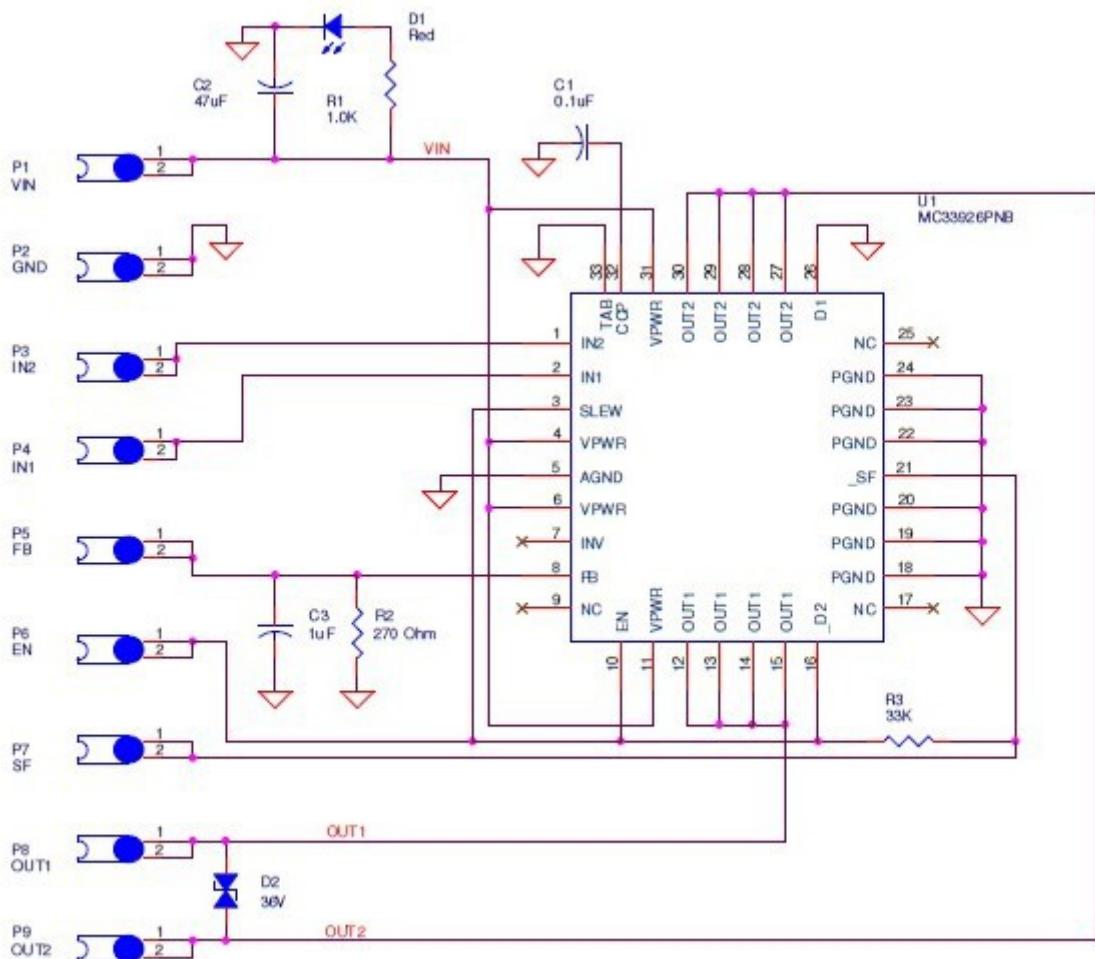


Als Entwickler braucht man einige Eigenschaften, angefangen bei Geduld und Durchhaltevermögen, so sollte ein Elektronik-Entwickler auch keinen Hang zur Polemik haben, also verzeiht es mir, das sind apokalyptische Messwerte. Da müssen wir unbedingt etwas dagegen machen. Wie das geht erfahrt ihr jetzt.

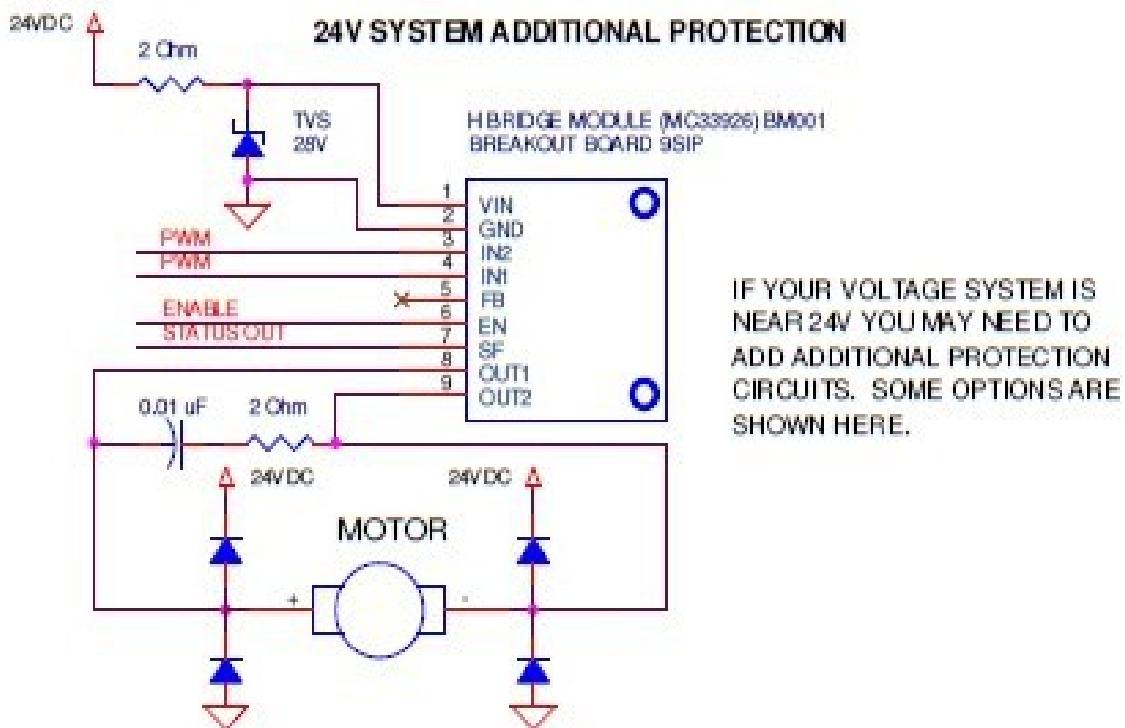


## Die Schutzschaltung

Die Schutzschaltung ist jetzt keine neue Errungenschaft der Elektronikentwicklung und auch vom Aufbau nicht besonders komplex, aber die Wirkung enorm. Schauen wir uns kurz das Prinzip an.



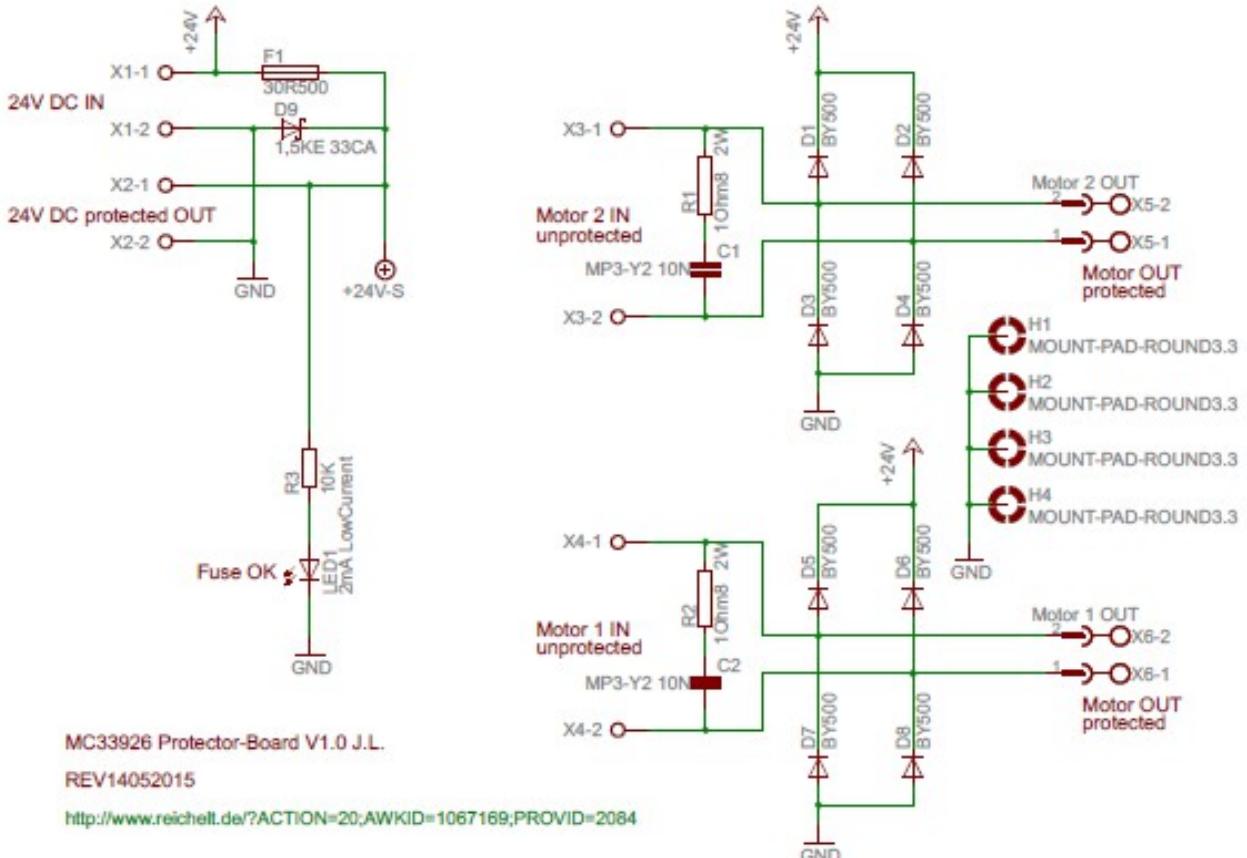
Zwischen OUT1 und OUT2 sieht man die bidirektionale Suppressor-Diode, sie soll den Ausgang des Treibers vor genau diesen Spitzen schützen. Diese Methode ist zwar ein Weg, hat aber einige Nachteile. Besonders wenn wir mit Spannungen größer, gleich 24V hantieren, ist ein etwas aufwendigerer Ansatz der bessere. Aber seht selbst auf der nächsten Seite.



Ganz oben am VIN für die Versorgungsspannung sieht man die Schutzbeschaltung aus einem Widerstand und einer TVS-Diode mit 28V. Das Prinzip ist schon mal nicht schlecht, aber ein Widerstand mit 2Ohm in der Versorgungsleitung, bei einem möglichen Strom von 3 Ampere bis 4 Ampere? Da muss der Widerstand aber ganz schön was vertragen können. Aber okay, das Prinzip zählt und wir werden den Widerstand mit einem anderen Bauteil ersetzen. Die TVS-Diode mit 28 Volt ist für unsere Zwecke auch unter dem Wert, den wir als allgemeingültig annehmen können, da manche AKKU 's schon mit 29,7 Volt an den Start gehen. Da haben wir noch etwas Arbeit vor uns. Am Motor seht ihr die typischen 4 Dioden bei solchen Vollbrücken-Schaltungen. Aber halt, haben unsere MOS-FET's im Treiber nicht schon solche Dioden drin? Ja klar haben sie, aber die werden unter bestimmten Bedingungen hochohmig geschaltet, sodass sie dann doch wieder wirkungslos sind. Ganz ehrlich bei solchen Schaltungen bin ich dann auch Old School. Die 4 zusätzlichen Dioden machen den Kohl nicht fett, ich weiß dann genau was ich habe und muss mir um meine Treiber keine Gedanken mehr machen. Als letztes bleibt noch der Widerstand mit 2Ohm und der Kondensator mit 0,01 $\mu$ F also 10nF übrig. Das ist ein sogenanntes Löschglied, das sehr schnell den „bösen“ Spitzen entgegen wirkt. Man findet dieses Prinzip sehr häufig auch in Verbindung mit Dimmerschaltungen und bei Lastschützen zur Funkenlöschung, um die Kontakte vor dem Abbrennen zu bewahren. Genau so was müssen wir auch haben. Für diejenigen, die es interessiert,: Es gibt eine kleine Faustformel zur Berechnung von RC-Löschgliedern, man nehme 1Ohm pro Volt und 0,1 $\mu$ F pro Ampere, der Kondensator sollte eine ausreichende Spannungsfestigkeit aufweisen und der Widerstand genug Leistung vertragen, 2W sind da üblich.



Leider können wir diese Formel für unsere Motortreiber nicht genau so anwenden, aber wenn ihr Lasten mit einem Relais schaltet und euer Mikrocontroller stürzt dabei immer wieder sporadisch ab, versucht es mit so einem Lösungsglied. Genug, ich will euch nicht mit trockener Theorie langweilen. Kommen wir wieder zu unserer Lösung für die „Entstörung“ unserer Motoren. Dazu am besten mal der Schaltplan.



Man kann schon noch die Parallelen zu dem vorherigen Plan erkennen. Jedoch mit den Änderungen, die für unsere Anwendung nötig sind. Ganz oben sehen wir den 24V DC IN, X1-1 und X1-2 an dieser Stelle wird die Versorgungsspannung von der ArduMower-Main der Schutzschaltung zugeführt.

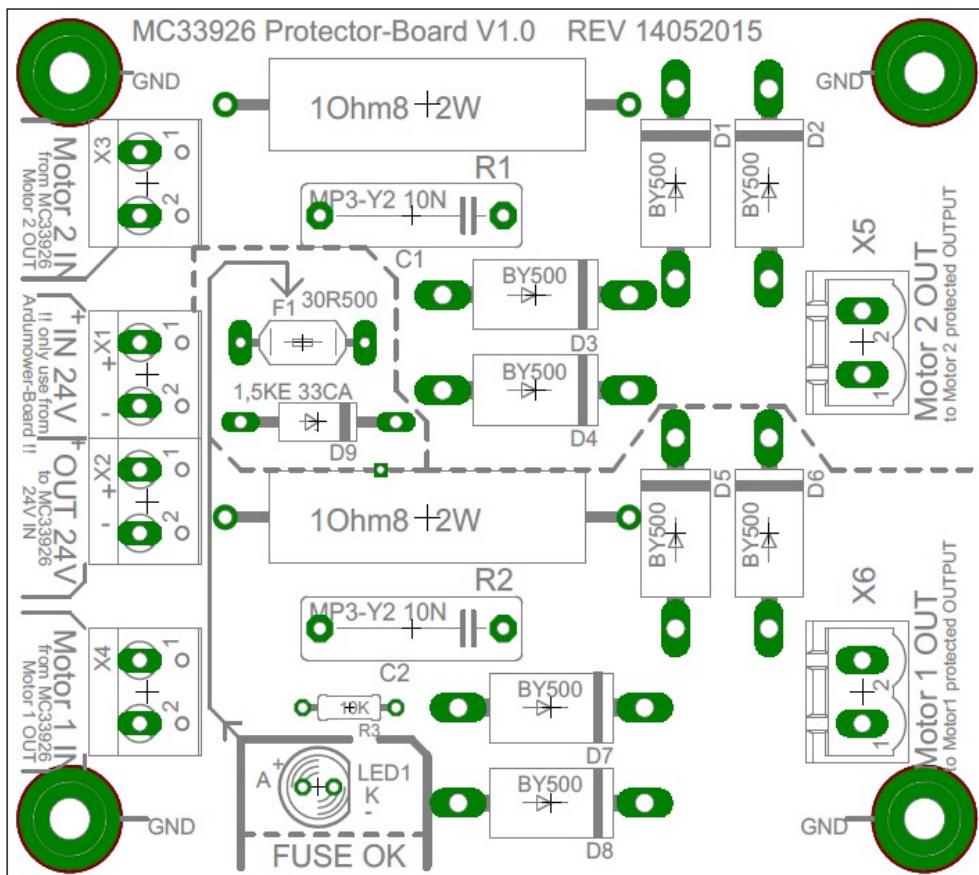
**Hinweis:** Die Versorgung muss unbedingt von den dafür vorgesehenen Klemmen auf der Main abgenommen werden und nicht direkt von der Batterie sonst hebelt ihr die Sicherungen auf der Main völlig aus und umgeht den Schutz.

Der Widerstand wurde durch eine Polyfuse (Polyswitch) ersetzt und die Suppressor-Diode in bidirektional mit dem für uns und die Treiber noch verträglichen Wert geändert. Nach der Suppressor-Diode geht es über die Klemmen X2-1 und X2-2 auf direktem Weg zu dem VIN-Eingang unseres Treiber-Boards. Damit ist dieses vor zu großer schädlicher Spannung von



ardumOwer

außen geschützt und die Polyfuse stellt zusätzlich noch einen Überlastschutz dar. Eine kleine Bemerkung zur Polyfuse, sie als richtige Sicherung zu betrachten, wäre ein grober Fehler, da diese stark Temperatur abhängig sind und in der Auslösecharakteristik an Trägheit fast nicht zu überbieten sind. Das soll bedeuten in der Dimensionierung sollte man sehr aufmerksam sein. Dafür stellen sie sich wieder selbst zurück, wenn der Fehler nicht mehr ansteht und das ist genau das, was wir an dieser Stelle brauchen. Kommen wir wieder zur Schaltung zurück. Über die vier schnellen Dioden pro Motor könnte man jetzt einen ganzen Roman schreiben, aber ich beschränke das jetzt auf die Feststellung, dass diese mit 7ns sehr schnell sind und ganz schön was aushalten können und müssen. Das sind ganz ordentliche Brummer. Ich gebe es gerne zu, etwas überdimensioniert, aber da bin ich absolut Old School. Das ich damit nicht so ganz falsch liege, zeigen mir die Gräber der zerschossenen MOS-FET's im Labor, die durch eine etwas lässige Haltung von meinen Praktikanten im Praxissemester getötet wurden. Manchmal ist Erfahrung genauso wichtig wie ein guter Taschenrechner. Nun gut bleibt noch das Löschglied. Hier wurde der Wert des Widerstands auf 1,8Ohm angepasst und mit 2W ist dieser gut ausgelegt. Die 10nF sind, wie ihr sehen könnt, am Kondensator unverändert geblieben. Als Typ ist hier ein Kondensator der Y2 Klasse zu empfehlen, da er mit seiner Spannungsfestigkeit und selbstheilenden Eigenschaften seinen Job ohne böse Überraschungen machen kann. Machen wir uns ein Bild über die Leiterkarte, die ich Eingangs schon erwähnt hatte.

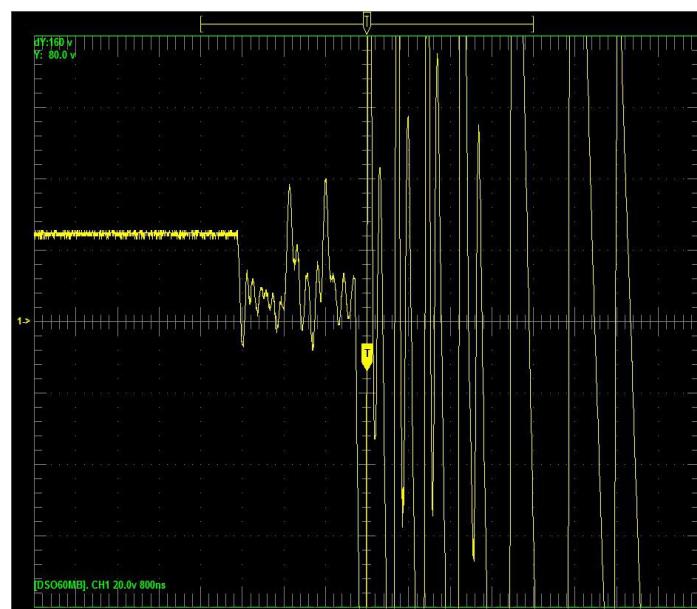




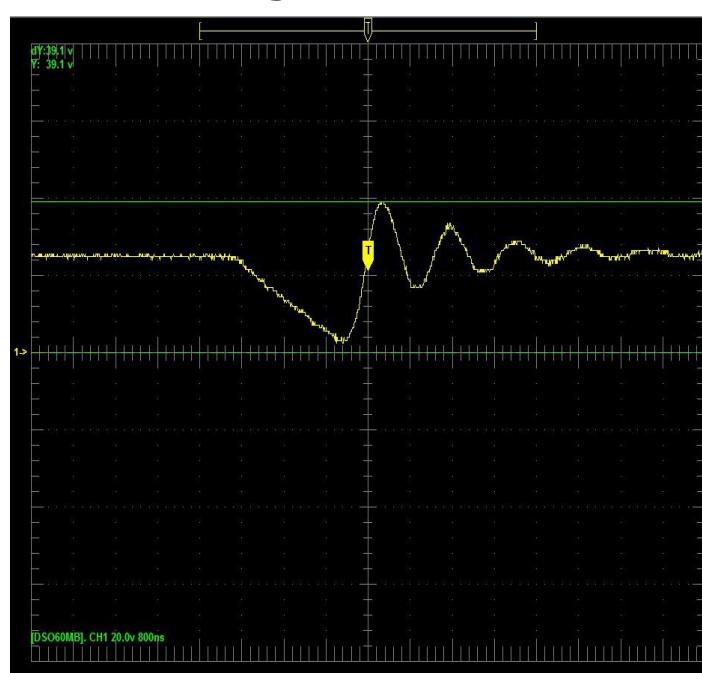
## Zwischenergebnis

Vorweg, keine Sorge ich werde noch genau beschreiben, wie Motor-Treiber und Schutzschaltung miteinander zu verdrahten sind. Jetzt schauen wir uns die Messergebnisse erst mal vom Laboraufbau an.

## Bild ohne Schutzbeschaltung

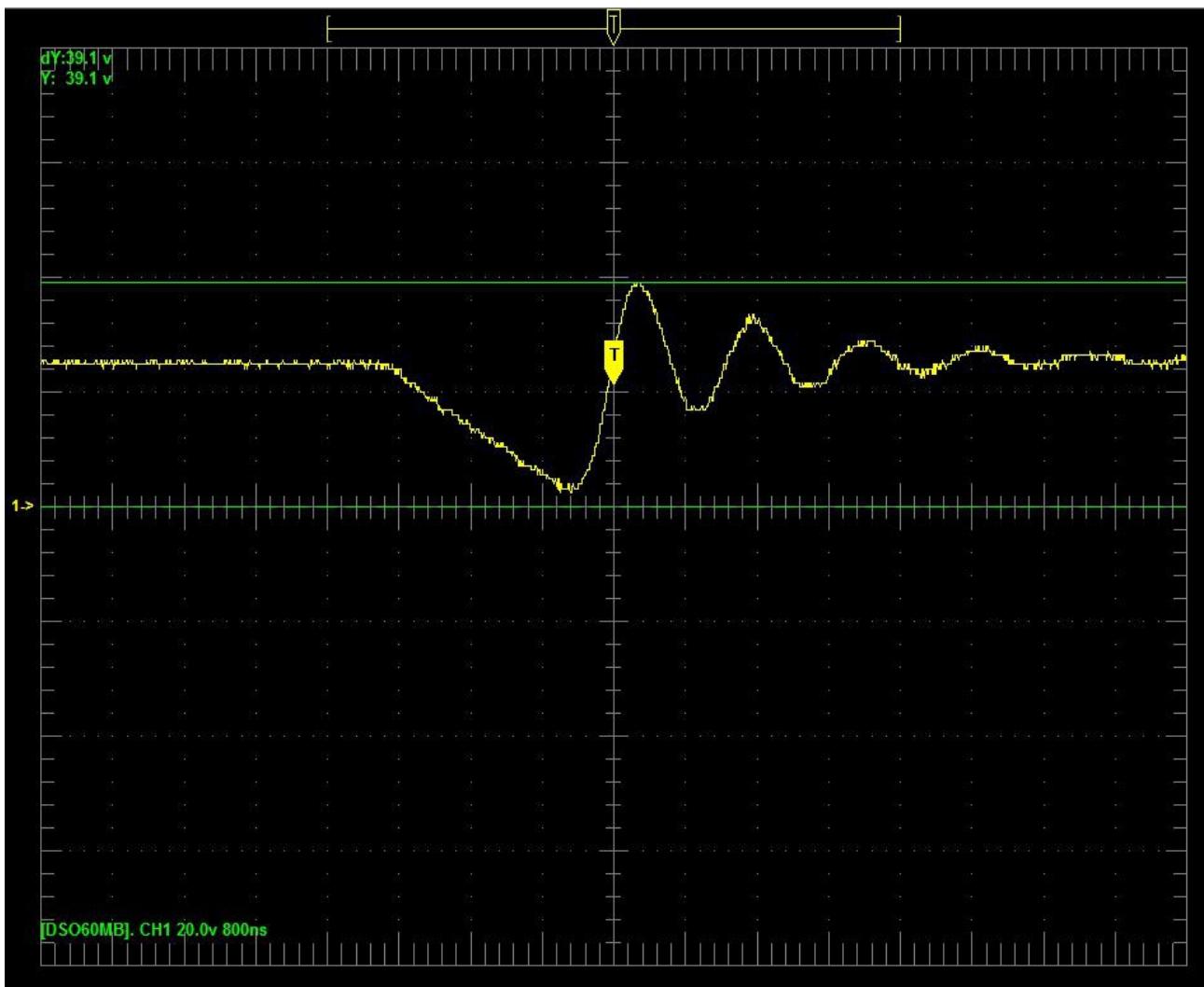


## Bild mit Schutzbeschaltung





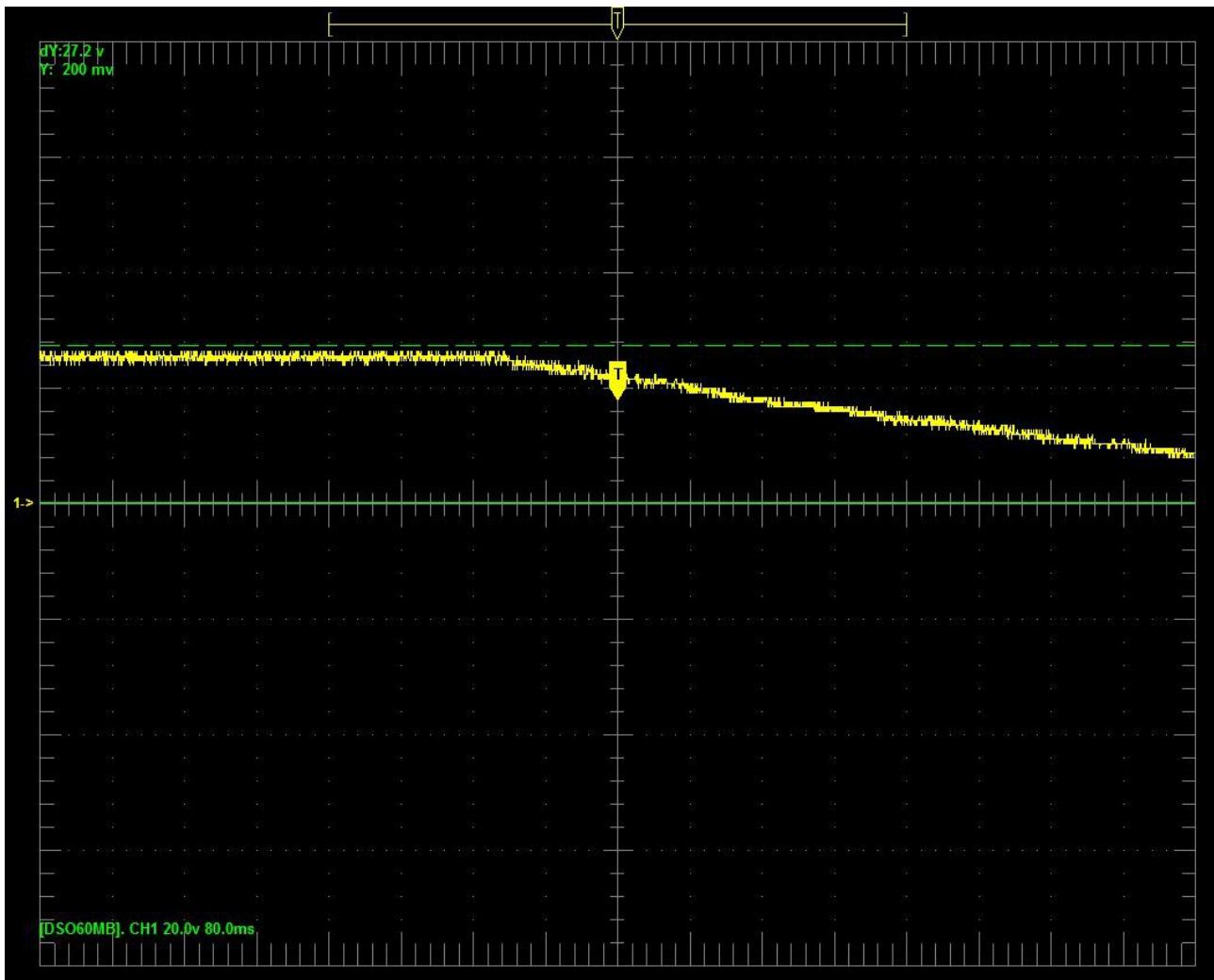
Schon im kleinen Bild kann man erkennen, dass unsere Bemühungen von Erfolg gekrönt wurden. Um das so richtig auszukosten, das Ergebnis nochmal mit einem großen Bild.



Damit kann man schon fast zufrieden sein. Das wilde Schwingen mit gigantischen Spannungen haben wir erfolgreich unterdrückt. Keine steilen Flanken mehr, die nicht nur unserer Elektronik schaden würden, sondern auch eine mächtige Störabstrahlung im Sinne der EMV darstellen. Das lässt sich noch weiter verbessern und ich greife an dieser Stelle etwas vor, da ich den ELKO, den wir jetzt einsetzen, schon im vorherigen Teil beschrieben habe. Die Position des ELKO bleibt im Grunde dabei völlig unverändert. Man kann sich jetzt selbst entscheiden, ob unser Dicker am VIN der Motortreiber oder unter dem Protector-Board (wie wir es getauft haben) platziert wird. Ich habe mich für die Position unter dem Protector-Board entschieden. Wichtig ist nur, dass er hinter der Suppressor-Diode, Poly-Fuse, sitzt und richtig gepolt ist.



## Bild Schutzbeschaltung und ELKO



Ja hallo erst mal, das ist doch ein Ergebnis. Schöne völlige Ruhe, ganz entspannt und das über einen Zeitbereich von 80ms pro Teilung. Wenn ich könnte, würde ich da Urlaub machen. Nein, mal ganz im Ernst, das Zusammenspiel von Motor-Entstörung und Motortreiber-Schutzschaltung funktioniert perfekt. Das stimmt mich auch in Hinblick auf den Platzbedarf versöhnlich. Natürlich ginge es (vom ELKO mal abgesehen) mit SMD Bauteilen noch etwas kleiner, aber im ArduMower ist das kein Problem und der Nachbau ist mit bedrahteten Bauteilen deutlich sicherer und einfacher zu machen.

***Hinweis:*** Macht den Aufbau sorgfältig und achtet unbedingt darauf, dass ihr nichts verpolt beim Anschluss an den VIN der Treiber bzw. dem Protector-Board.

Für die Verdrahtung und den Aufbau der Platine wird es in Kürze einen kleinen WORKSHOP geben.



ardum**O**wer